

**Wie nicht-lineare Zeitrepräsentationen zukunftsbezogene  
Urteile und Entscheidungen beeinflussen können:  
Ein entwicklungspsychologischer Ansatz**

Abhandlung  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Philosophischen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von  
Mirjam Ebersbach  
von Leipzig (Deutschland)

Angenommen auf Antrag von Herrn Prof. Dr. Friedrich Wilkening  
und Frau Prof. Dr. Veronika Brandstätter-Morawietz

Zürich, 2004

## Danksagung

Viele Menschen haben mich direkt und indirekt in dem Schaffensprozess für diese Arbeit begleitet und unterstützt. Dafür möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken. Zuerst möchte ich Prof. Dr. Friedrich Wilkening für die Freiheit danken, die er mir für die Durchführung meiner Forschung gelassen hat. Seine Anerkennung, Ermutigung und Förderung haben mich in dem, was ich tat, stets bestärkt. Auch durfte ich exzellente Arbeitsbedingungen an der Universität Zürich geniessen. Ausserdem danke ich dem ganzen Team der Allgemeinen und Entwicklungspsychologie sowie den Kolleginnen und Kollegen des Psychologischen Institutes für die hilfreiche wissenschaftliche Unterstützung und den Austausch sowie die freundliche Arbeitsatmosphäre.

Besonderer Dank gilt auch meinen Eltern, die meinen Weg stets uneingeschränkt akzeptiert und unterstützt haben sowie meiner gesamten Familie, die mir, unabhängig von der Entfernung stets Rückhalt und Geborgenheit angedeihen liess. Pierre Lavéant danke ich für seine Geduld und Liebe.

Nicht zuletzt sei auch allen Schulkindern, deren Eltern und Lehrpersonen sowie den Studierenden gedankt, die sich als Probanden zur Verfügung gestellt bzw. die Datenerhebung erst ermöglicht haben.

Mirjam Ebersbach  
Zürich, März 2004

Die Zeiten ändern sich und wir uns mit ihnen.

*Ovid (43 v. Chr. - 17 n. Chr.)*

Die Zeit ist nichts anderes, als die Form des inneren Sinnes,  
des Anschauens unserer selbst und unseres inneren Zustandes.

*Immanuel Kant (1781)*

Dreifach ist der Schritt der Zeit:  
Zögernd kommt die Zukunft hergezogen,  
pfeilschnell ist das Jetzt entfliegen,  
ewig still steht die Vergangenheit.

*Friedrich von Schiller (1759-1805)*

Die Zeit wird geschwinder,  
die Zeit jagt und jagt,  
um sich loszureissen  
von der Anziehungskraft  
des Vergangenen.

*Ales Rasanau (1995)*

So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig, man muss sie für fertig erklären,  
wenn man nach Zeit und Umständen das Mögliche getan hat.

*Johann Wolfgang von Goethe (1749 - 1832)*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie.....</b>	<b>4</b>
2.1	Menschliche Rationalität und Irrationalität .....	4
2.1.1	Homo oeconomicus und Modelle der rationalen Wahl: Nutzenmaximierungsmodelle .....	4
2.1.2	Abweichungen vom Nutzenmaximierungsansatz .....	6
2.1.3	Die Prospect Theory als Weiterentwicklung der Expected Utility Theory.....	8
2.1.4	Entscheidungen über die Zeit: Discounted Utility, mögliche Erklärungen und ihre Anomalien .....	10
2.1.5	Gemeinsamkeiten zwischen Expected Utility Theory und Discounted Utility Theory sowie ihre Integration.....	13
2.1.6	Irrationales Verhalten auf dem Aktienmarkt .....	15
2.1.7	Quellen der Irrationalität .....	20
2.2	Bisherige Befunde zum Einfluss der Zeit auf Bewertungen und Entscheidungen.....	25
2.2.1	Was ist Zeit? .....	25
2.2.2	Die Rolle des Zeithorizontes im Aktienmarkt.....	29
	Risiko und Riskantheit .....	29
	Der Einfluss des Zeithorizontes auf Riskantheitsurteil und Investitionsverhalten im Aktienmarkt .....	30
2.2.3	Discounting: Die subjektive Abwertung verzögerter Ereignisse .....	34
2.2.4	Schätzung von exponentiellem Mengenwachstum über die Zeit .....	43
	Intuitive Mathematik .....	43
	Untersuchungen zum generellen Verständnis für Funktionen .....	44
	Schwierigkeiten bei der Schätzung von exponentiellen Verläufen .....	46
	Theoretische Überlegungen zum Verständnis exponentieller Funktionen.....	51
	Multiplikation und Division als Grundlage für das Verständnis für exponentielle Funktionen.....	54
2.3	Zusammenfassung .....	55
<b>3</b>	<b>Experiment 1: Der Einfluss des Zeithorizontes auf Riskantheitsbeurteilung und Investitionsverhalten .....</b>	<b>58</b>
3.1	Fragestellung .....	58
	Teil A: Geldleih-Paradigma	
3.2	Methode.....	59
3.2.1	Stichprobe.....	59
3.2.2	Versuchsdesign.....	59
3.2.3	Versuchsmaterial .....	60
3.2.4	Versuchsdurchführung .....	61
3.3	Ergebnisse.....	62
3.3.1	Riskantheitsurteil.....	63
3.3.2	Investitionshöhe.....	63
3.3.3	Zusammenhang zwischen Riskantheitsurteil und Investitionshöhe .....	64

## Teil B: Glücksrad-Paradigma

3.4	Methode.....	65
3.4.1	Stichprobe.....	65
3.4.2	Versuchsdesign.....	65
3.4.3	Versuchsmaterial.....	65
3.4.4	Versuchsdurchführung.....	66
3.5	Ergebnisse.....	66
3.5.1	Risikanteilsurteil.....	66
3.5.2	Investitionsverhalten.....	69
3.5.3	Zusammenhang von Risikanteilsurteil und Investitionshöhe.....	71
3.6	Diskussion.....	71
3.7	Ausblick.....	75
<b>4</b>	<b>Experiment 2: Discounting materieller und nicht-materieller Werte im Altersvergleich.....</b>	<b>77</b>
4.1	Fragestellung.....	77
4.2	Voruntersuchung.....	78
4.3	Methode.....	80
4.3.1	Stichprobe.....	80
4.3.2	Versuchsdesign.....	80
4.3.3	Versuchsmaterial.....	80
4.3.4	Versuchsdurchführung.....	81
4.4	Ergebnisse.....	82
4.4.1	Unterschiede in den absoluten Bewertungen.....	82
4.4.2	Unterschiede hinsichtlich der Discount-Faktoren.....	83
4.4.3	Form der Discount-Funktionen.....	87
4.5	Diskussion.....	89
4.6	Ausblick.....	93
<b>5</b>	<b>Experiment 3: Die Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes.....</b>	<b>95</b>
5.1	Fragestellung.....	95
5.2	Methode.....	96
5.2.1	Stichprobe.....	96
5.2.2	Versuchsdesign.....	96
5.2.3	Versuchsmaterial.....	97
5.2.4	Versuchsdurchführung.....	97
5.3	Ergebnisse.....	101
5.3.1	Schätzungen für siebentägiges lineares und exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppe.....	101
5.3.2	Abweichung der Schätzungen für lineares und exponentielles Wachstum von der Norm sowie die Differenziertheit der Schätzungen.....	102
5.3.3	Individuelle Schätzstrategien in Abhängigkeit vom Alter.....	111
5.3.4	Numerische Schätzgenauigkeit.....	114
5.3.5	Einfluss der Schätzrichtung auf die Schätzgüte.....	116
5.4	Diskussion.....	123

5.5	Ausblick.....	130
<b>6</b>	<b>Gesamtdiskussion .....</b>	<b>133</b>
6.1	Zeitschätzung aus entwicklungspsychologischer Perspektive .....	133
6.1.1	Methoden zur Erhebung subjektiver Zeit.....	133
6.1.2	Bisherige Modelle der Zeitrepräsentation .....	134
6.1.3	Entwicklung des Zeitkonzeptes und Schätzung vergangener Zeitdauern.....	136
6.1.4	Die Entwicklung der Repräsentation zukünftiger Zeit.....	139
6.2	Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft .....	143
6.2.1	Bisherige Befunde zu nicht-linearen Repräsentationen.....	143
	Nicht-lineare Zeitrepräsentationen .....	143
	Die Psychophysik der Zeit.....	148
	Nicht-lineare Zahlenrepräsentation .....	150
6.2.2	Die Construal Level Theory von Liberman und Trope (1998) .....	151
6.2.3	Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft .....	153
6.3	Zusammenfassung und Ausblick.....	163
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>166</b>
	Anhang .....	179

# 1 Einleitung

Die Zeit ist eine bedeutsame Variable, die unser gesamtes Leben tangiert. Wir entwickeln zeitbasierte Handlungspläne und -ziele; wir haben eine Vorstellung der „Lebenszeit“, der entsprechend wir unsere Ziele setzen; unser Gedächtnis speichert nicht nur Ereignisse und Fakten, sondern auch deren zeitliche Bezüge; Leistung wird unter anderem nach Zeit bemessen; es gibt zeitlich passende oder unpassende Ereignisse und Verhaltensweisen; wir erfahren den Wechsel von Tag und Nacht und den der Jahreszeiten; unsere sozialen Beziehungen sind durch die Zeit geprägt usw. Kurzum gibt es kaum Momente, in denen wir die Zeit vergessen. Doch was ist Zeit eigentlich? Spontan würde man vielleicht antworten: Zeit ist etwas, das vergeht und messbar ist. Doch inwiefern ist sie tatsächlich wahrnehmbar und inwiefern ist sie ein psychologisches Konstrukt? Wie gut können Menschen Zeitdauern schätzen und wie wird die Zeit repräsentiert? Führt man diese Fragen weiter, kommt man zur Überlegung, inwieweit die Zeit unser Leben konkret beeinflusst.

Die vorliegende Arbeit, die sich mit dem Urteilen und Entscheiden unter entwicklungspsychologischem Gesichtspunkt beschäftigt, geht dem Einfluss der Zeit auf ebendiese Variablen nach. Dabei ist zu unterscheiden, dass die Berücksichtigung der Zeit bei Urteilen und Entscheidungen zum einen rational sein kann, nämlich dann, wenn sie tatsächlich ein relevanter Faktor ist, der sich auf Kosten und Nutzen eines Ereignisses auswirkt. Zum anderen aber wird die Zeit häufig auch dann berücksichtigt, wenn sie gar keine Relevanz hat oder aber ihr Einfluss wird überschätzt (vgl. Gilovich, Kerr & Medvec, 1993; Sagristano, Trope & Liberman, 2002). Hierbei ist es also der Faktor der Zeit an sich, der sich auf das Entscheidungsverhalten auswirken kann. Eine weitere Möglichkeit, wie die Zeit Urteile und Entscheidungen beeinflussen kann, liegt darin, auf welche Weise sie intern repräsentiert ist. Geht man beispielsweise von einer linearen Funktion zwischen objektiver Zeit und deren subjektiver Repräsentation aus, könnte dies zu anderen Beurteilungen und Entscheidungen führen, als wenn diese Funktion nicht-linear wäre. Erste Forschungsansätze sprechen dabei für eine solche nicht-lineare Beziehung (Eisler, H., 1996; Eisler, H. & Eisler, 1991; Friedman, 1998). Es lässt sich also festhalten, dass sowohl der Einbezug des Faktors Zeit an sich als auch die Form ihrer subjektiven Repräsentation menschliches Urteils- und Entscheidungsverhalten beeinflussen kann. Interessant ist in diesem Zusammenhang besonders die Entwicklungsperspektive, da bekannt ist, dass die Art und Weise, wie die Zeit berücksichtigt

und intern repräsentiert wird, stark von der Erfahrung mit sowie vom Wissen über die Zeit und damit vom Lebensalter abhängen kann (Eisler, A. D. & Eisler, 1994; Friedman, 1996, 2002).

Ursprünglich gingen Modelle der rationalen Wahl und der Nutzenmaximierung davon aus, dass Menschen in ihre Urteile und Entscheidungen lediglich relevante Fakten, das heisst, die aktuellen und zukünftigen effektiven Kosten und Nutzen von Entscheidungsalternativen einbeziehen (vgl. Frey & Benz, 2001; Medin, 2000). Ausserdem nahm man in diesen Modellen an, dass Personen stets Zugang zu allen wesentlichen Informationen haben und auch in der Lage sind, diese adäquat zu verarbeiten. Affektive Informationen beispielsweise sowie kosten- oder nutzenunabhängige Zeitinformationen sollten im Sinne der Rationalität ignoriert werden. Einige der Modelle der rationalen Wahl, die ihren Ursprung auf dem Gebiet der Wirtschafts- und Entscheidungspsychologie haben, werden in Kapitel 2.1.1 vorgestellt. Allerdings hat sich in der Realität gezeigt, dass Menschen bei weitem nicht so rational sind, wie in diesen Modellen angenommen wurde. Vielmehr lassen sie sich durch verschiedene irrelevante Faktoren, von denen die Zeit einer ist, in ihren Urteilen und Entscheidungen beeinflussen (Jaggia & Thosar, 2000; Loewenstein & Prelec, 1992; Samuelson, 1937). Ausgehend von diesen empirischen Abweichungen vom rationalen Nutzenmaximierungsansatz wurden neue theoretische Ansätze entwickelt, die dem tatsächlichen menschlichen Entscheidungsverhalten besser entsprechen sollten. In den Kapiteln 2.1.2 bis 2.1.5 werden die wichtigsten vorgestellt. Kapitel 2.1.6 skizziert theoretische und empirische Phänomene zum irrationalen Verhalten auf einem Gebiet, auf dem das Treffen von Urteilen und Entscheidungen unter Unsicherheit zentral ist, nämlich am Aktienmarkt. Dabei wird zum Beispiel deutlich, dass sich Investoren häufig von irrationalen Überzeugungen leiten lassen oder Entscheidungsstrategien anwenden, die nur einen Teil der relevanten Informationen einbeziehen (Anderson, B. F. & Settle, 1996; Schooley & Worden, 1999; Siebenmorgen & Weber, 2000). In Kapitel 2.1.7 wird schliesslich auf mögliche Quellen der menschlichen Irrationalität eingegangen. Zu den bedeutsamen Ursachen kann man beispielsweise die Integration von Gefühlen und Motiven in den Entscheidungsprozess zählen. Aber auch Persönlichkeitseigenschaften, Merkmale der Informationsverarbeitung oder die bereits genannte Berücksichtigung der Zeit können dazu führen, dass Entscheidungen getroffen werden, die nicht rational im Sinne der Nutzenmaximierung sind.

Der empirische Teil der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf den Einfluss der Zeit auf Urteile und Entscheidungen aus entwicklungspsychologischer Perspektive.



Hierfür wurden drei Phänomene der kognitiven Psychologie ausgewählt. Zum einen handelt es sich um zwei Phänomene aus der Urteils- und Entscheidungsforschung, nämlich die Riskantheitsbeurteilung und das Investitionsverhalten bei verzögertem Ergebnisfeedback sowie die subjektive Bewertung von Ereignissen, die verzögert eintreten. Der bisherige Forschungsstand zu beiden Phänomenen, der in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 dargelegt wird, macht einerseits deutlich, dass die Befundlage hinsichtlich des Einflusses von Zeit auf die Beurteilung der Riskantheit und auf das Investitionsverhalten nicht eindeutig ist. Ausserdem existieren keine Untersuchungen, die hinsichtlich dieser Fragestellungen verschiedene Altersgruppen verglichen haben. Dabei ist anzunehmen, dass das Alter bei beiden Phänomenen eine bedeutsame Rolle spielt. Zum anderen geht es in dieser Arbeit um ein Phänomen aus dem Bereich der Mathematik, nämlich um die Schätzung exponentiellen Mengenwachstums über die Zeit. Der bisherige wissenschaftliche Kenntnisstand dazu wird in Kapitel 2.2.4 vorgestellt, wobei nur wenige experimentelle Arbeiten dazu existieren. Diese Lücke versucht die vorliegende Arbeit unter anderem auszugleichen. Die Nähe der Thematik des nicht-linearen Wachstums zur Thematik des Urteilens und Entscheidens im ökonomischen Bereich wird klarer, wenn man beispielsweise das Zinsprinzip als nicht-lineares Wachstumsprinzip betrachtet. Ähnlich wie hier liegen verschiedenen weiteren Situationen, in denen Urteile und Entscheidungen getroffen werden müssen, nicht-lineare Verläufe zu Grunde, die entsprechend kalkuliert werden müssen, um zu optimalen Entscheidungen zu gelangen. Ausserdem verbindet der Faktor Zeit alle drei Phänomene. Aufgrund der inhaltlichen Fächerung wird mehr Einsicht in den vielleicht generellen Prozess erwartet, mit dem die Zeit Urteile und Entscheidungen beeinflussen kann.

In den Kapiteln 3 bis 5 werden dann drei Experimente vorgestellt, die durchgeführt wurden, um den Einfluss der Zeit auf Urteile und Entscheidungen in unterschiedlichen Altersgruppen zu untersuchen. Dabei handelt es sich um ein Experiment zum Einfluss des verzögerten Erfolgsfeedbacks auf das Riskantheitsurteil und das Investitionsverhalten bei Kindern. Das zweite Experiment untersucht den Einfluss der Verzögerung sicherer Ereignisse auf die subjektive Beurteilung derselben bei Kindern und Erwachsenen. Das letzte Experiment schliesslich beschäftigt sich mit der Entwicklung des intuitiven Wissens über nicht-lineares Mengenwachstum über fünf Altersgruppen hinweg. Alle Ergebnisse werden einzeln sowie im Zusammenhang diskutiert.

Kapitel 6 wird die Resultate aller drei Experimente zusammenführen. Auf dieser Basis, sowie unter Zuhilfenahme weiterer theoretischer und empirischer Ansätze soll

schliesslich ein Modell entwickelt werden, das beschreibt, in welcher Weise die subjektive Repräsentation der zukünftigen Zeit, die in allen drei Experimenten eine Rolle spielt, die vorliegenden sowie weitere Befunde erklären kann.

## 2 Theorie

### 2.1 Menschliche Rationalität und Irrationalität

#### 2.1.1 *Homo oeconomicus und Modelle der rationalen Wahl: Nutzenmaximierungsmodelle*

Das vorherrschende Menschenbild im Bereich der Ökonomie war lange Zeit der *homo oeconomicus*. Es unterstellte dem Menschen, sich bei ökonomischen Urteilen und Entscheidungen ausschliesslich rational zu verhalten und damit den Nutzen für sich selbst zu maximieren. Seine Handlungen sollten dabei lediglich auf objektiven und relevanten Informationen basieren, subjektive bzw. irrelevante Fakten sollten ignoriert werden. In seiner Entscheidungsfindung würde der *homo oeconomicus* weder durch eigene Gefühle, noch durch soziale Umstände oder mangelnde Selbstkontrolle beeinträchtigt werden (Frey & Benz, 2001). Modelle, die dieses normative Verhalten bei Entscheidungen beschreiben, nennt man *Rational Choice Models* (vgl. Medin, 2000). Ein frühes Modell der rationalen Wahl ist die *Expected Value Theory*. Dabei wird angenommen, dass der Entscheider sowohl die objektiven Werte der einzelnen Entscheidungsalternativen als auch die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten betrachtet, mit denen diese Alternativen eintreten können. Er wählt aufgrund dieser Informationen diejenige Alternative, bei der der Erwartungswert, also das Produkt aus Wert und Wahrscheinlichkeit, maximal ist. Eine Weiterentwicklung der *Expected Value Theory* stellt die *Expected Utility Theory* dar (von Neumann & Morgenstern, 1944). Hierbei wird berücksichtigt, dass der Wert eines Ereignisses von seinem Nutzen für das Individuum abhängt. Dieser wiederum ergibt sich unter anderem aus den Zielen eines Individuums. Das heisst, ein Ereignis, das einer Person nützlich ist, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, sollte auch wertvoll für sie sein. Der Wert per se, also zum Beispiel der monetäre Wert, ist dafür nicht in jedem Falle massgeblich. Damit geht in dieser Theorie nicht mehr der objektive Wert in den Entscheidungsprozess ein, sondern der subjektive Wert oder Nutzen der Alternativen. Es wird also der subjektive Nutzen eines Ereignisses gewichtet durch die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens. Nach der *Expected Utility Theory* sollte in Entscheidungssituationen genau die Alternative gewählt werden, die das

Produkt aus Eintretenswahrscheinlichkeit und subjektivem Ereignisnutzen maximiert. Die *Multiattributive Utility Theory* (Edwards & Newman, 2000) stellt eine Erweiterung der Expected Utility Theory dar und bezieht sich auf Entscheidungssituationen mit mehreren Alternativen, die jeweils durch mehrere Attribute beschrieben sind. Nach dieser Theorie werden die relevanten Attribute ausgewählt und nach ihrer Bedeutsamkeit gewichtet. Die Alternative mit dem maximalen Nutzen ist daher die, bei der die Summe der gewichteten Attribute am höchsten ist.

Ergänzend zu den Utility-Theorien ist an dieser Stelle anzumerken, dass der subjektive Nutzen keine lineare Funktion der Attributausprägung eines Ereignisses sein muss. Wenn man den Nutzen vereinfacht als eine Wahrnehmung oder Empfindung ansieht, auch wenn er, wie die Zeitwahrnehmung, eher das Ergebnis von internen bewussten oder unbewussten Vergleichsprozessen sein mag, ist bei der Betrachtung des Nutzens die Psychophysik nicht zu vernachlässigen. Diese mögliche Verbindung zwischen objektiven Ereignisattributen und dem subjektiven Nutzen soll hier kurz skizziert werden. Grundlegend in der Psychophysik ist die Annahme einer Funktion, mit der man die Beziehung zwischen physikalischen Reizen (wie Lautstärke oder eine Geldmenge) und der subjektiven Wahrnehmung dieser Reize (empfundene Lautheit; subjektiver Nutzen) abbilden kann. Zwei Arten von Funktionen dominierten lange Zeit die Psychophysik. Die erste ist auch als Weber-Fechner-Gesetz (1860, zit. nach Prinz, 1992) bekannt. Dabei wird angenommen, dass der eben merkbare Unterschied zwischen zwei physikalischen Reizgrößen proportional mit der absoluten Reizgrösse zunimmt. Das heisst, je grösser ein Reiz wird, desto weiter müssen zwei Reizgrößen auseinander liegen, um als unterschiedlich wahrgenommen zu werden. Dabei geht das Weber-Fechner-Gesetz davon aus, dass eine lineare Zunahme der subjektiven Reizempfindung mit einer logarithmischen Zunahme der physikalischen Reizintensität einhergeht. Die zweite psychophysische Funktion stammt von Stevens (1975). Er nahm an, dass der Zusammenhang zwischen einem physikalischen Reiz und der dazugehörigen psychologischen Empfindung am besten durch eine Potenzfunktion beschrieben werden kann. Danach wächst die psychologische Empfindung dann linear an, wenn die Grösse des physikalischen Reizes exponentiell zunimmt. Beiden Ansätzen ist gemeinsam, dass ein physikalischer Reiz, je grösser er wird, in immer stärkerer Relation zunehmen muss, damit eine Person seine Veränderung noch wahrnehmen kann. Bereits Galanter (Galanter, 1962, 1990) sowie Stevens haben diese nicht-lineare psychophysische Funktion nicht nur auf primär sensorische physikalische Reize bezogen sondern auch auf nominale Reize, wie Geld-

mengen. So hat Galanter (1962) beispielsweise Probanden ihre Freude einschätzen lassen, die sie empfinden würden, wenn sie 10\$ als Geschenk bekämen. Danach sollten sie die Geldsumme nennen, die ihre Freude verdoppeln würde. Statt einer doppelten Geldsumme zeigte sich, dass es durchschnittlich das Fünffache der Ausgangssumme brauchte, um die empfundene Freude zu verdoppeln. Ähnliche Untersuchungen unter Zuhilfenahme der *Magnitude Estimation Technik* hat Galanter (1990) auch anhand von Nicht-Geldwerten, wie einem hypothetischen Diebstahl oder Krankheiten durchgeführt. Auch für diese hat er nachweisen können, dass der subjektive Wert nicht proportional mit dem objektiven Wert zunahm. Vielmehr entsprach der Exponent der Utility Funktion für Geldwerte etwa dem für Nicht-Geldwerte. Dieser Befund brachte Galanter zu der Annahme, dass ähnliche, exponentielle Utility-Skalen für Geldwerte und Nicht-Geldwerte existieren würden. Er formulierte diesbezüglich folgende Hypothesen:

1. Utility is the numerical magnitude of the incremental change from a neutral state in desire or aversion, for the consequence or outcome of a choice or path or action.
2. Utility of monetary increments grows as a power function of money with an exponent of 0.45.
3. Utility of monetary decrements grows as a power function of money with an exponent of 0.55.
4. The utility of nonmonetary objects and events can be translated into the utility of equivalent money amounts. (p. 467)

Zusammenfassend kann man also festhalten, dass nach Nutzenmaximierungsmodellen davon ausgegangen wurde, dass Personen rationale Entscheidungen treffen, mit denen sie den Nutzen für sich selbst maximieren. Der Nutzen ist je nach Modell abhängig vom objektiven bzw. subjektiven Wert eines Ereignisses, seiner Eintretenswahrscheinlichkeit sowie der Wahrnehmung dieses Wertes im psychophysischen Sinn.

### **2.1.2 Abweichungen vom Nutzenmaximierungsansatz**

Schon bald nach der Formulierung der Nutzenmaximierungshypothese, im Zuge der Weiterentwicklung der Entscheidungs- und Wirtschaftspsychologie zeigte sich, dass Menschen keineswegs derart rational und normativ handeln, wie noch in dieser Hypothese angenommen wurde. Die Forschung der letzten Jahre in diesen Bereichen konnte eine Reihe von Anomalien und Abweichungen vom Nutzenmaximierungsmodell fest-

stellen (vgl. Loewenstein & Prelec, 1992; Prelec & Loewenstein, 1991). Eine Auswahl dieser Abweichungen soll im folgenden kurz vorgestellt werden.

Im Bereich des Entscheidungs- oder Wahlverhaltens zwischen mehreren sicheren Alternativen wurde beispielsweise der sogenannte *Averaging Effect* (Anderson, N. H., 1990) entdeckt, mit dem beschrieben wird, dass die Hinzufügung einer positiven Information zu den bereits bekannten Informationen einer Entscheidungsalternative dazu führen kann, dass diese weniger präferiert wird, obgleich die Hinzufügung rational gesehen zu einem Präferenzanstieg führen sollte. Eine weitere, häufig untersuchte Anomalie stellt der *Sunk Cost Effect* dar. Er beschreibt das Festhalten an einer getroffenen Entscheidung, in die man bereits investiert hat, auch dann, wenn die Erfolgsaussichten sich inzwischen verschlechtert haben. Statt aber nur die zukünftigen Kosten und Nutzen abzuwägen, werden bei der Beibehaltungsentscheidung auch frühere Investitionen berücksichtigt, was dazu führen kann, dass erneut in die erfolglose Anlage investiert wird (Arkes & Blumer, 1985; Baron, Granato, Spranca & Teubal, 1993; Zeelenberg & van Dijk, 1997). Ein weiterer Hinweis auf Irrationalität im Sinne suboptimaler Nutzenmaximierung ist der *Endowment Effect*. Danach bewerten Personen ein Gut, das sich in ihrem eigenen Besitz befindet, höher als dasselbe Gut, wenn es ihnen nicht gehört (Thaler, 1980). Interessant ist, dass Personen den Einfluss dieses Effekts sowohl auf ihre eigenen Entscheidungen als auch auf die Entscheidungen anderer Personen weit unterschätzen.

Eine weitere Gruppe von Anomalien, die die Hypothese der Nutzenmaximierung in Frage stellten, bezieht sich auf Entscheidungen unter Unsicherheit, d.h. mindestens eine Alternative tritt mit einer Wahrscheinlichkeit ein, die kleiner als eins ist. So bevorzugen Personen bei der Wahl zwischen einem unsicheren und einem sicheren Gewinn meist die sichere Alternative, auch dann, wenn der Erwartungswert des sicheren Gewinns geringer ist (*Certainty Effect*). Bei Verlusten hingegen wird die unsichere Alternative präferiert, auch wenn dort der Erwartungswert höher ist als bei dem sicheren Verlust. Das heisst, die Aussicht auf Gewinn macht Personen risikoaversiv, die Aussicht auf Verlust hingegen macht sie risikosuchend (*Reflection Effect*; vgl. *Prospect Theory* von Kahneman & Tversky, 1979). Der *Peanuts Effect* (Loewenstein & Thaler, 1989) stellt eine Differenzierung des Reflection Effects dar. Er beschreibt die Tendenz zur Risikobereitschaft von Personen, wenn es um kleine potentielle Gewinne geht. Wächst die Gewinnsumme aber, schlägt die Risikobereitschaft in eine Risikoaversion um. Umgekehrt verhält es sich bei Verlusten. Lässt sich bei kleinen potentiellen Verlus-

ten noch eine Risikoaversion feststellen, so neigen Personen bei grossen Verlusten zur Risikosuche. Eine weitere Anomalie stellt der *Common Ratio Effect* oder die Präferenzumkehr dar (Loewenstein & Prelec, 1992). Multipliziert man die Gewinnwahrscheinlichkeiten für zwei unterschiedliche Geldsummen mit demselben Faktor, so kann es zu einer Präferenzumkehr kommen, d.h. die Gewinnalternative, die vorher abgelehnt wurde, wird nun zur bevorzugten, obgleich sich an den Relationen der Gewinne und Gewinnwahrscheinlichkeiten zueinander nichts geändert hat.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Personen offenbar nicht immer derart rational und mathematisch optimiert Entscheidungen treffen, wie es die Nutzenmaximierungsmodelle vorhersagen. Vielmehr scheinen Entscheidungen auch stark durch Sicherheitsbedürfnisse, affektive Komponenten und *Framing Effekte*, wie, ob es sich um Gewinn- oder Verlustalternativen handelt, Kontexteffekte sowie eine Reihe weiterer Faktoren beeinflusst zu sein. Dies hat zur Folge, dass Personen in diversen Entscheidungssituationen ihren eigenen Nutzen nicht maximieren.

### **2.1.3 Die Prospect Theory als Weiterentwicklung der Expected Utility Theory**

Die Prospect Theory (PT) von Kahneman und Tversky (1979), die sich auf Entscheidungen unter Unsicherheit bezieht, dokumentiert den Versuch, die empirisch nachgewiesenen Anomalien der Expected Utility Theory (EU) durch einen weiterentwickelten theoretischen Ansatz zu erklären. Diese Weiterentwicklung zeichnet sich vor allem durch zwei Punkte aus. Erstens wird hier der Nutzen eines Ereignisses nicht mehr generell bewertet, sondern relativ zu einem Referenzpunkt. Als Referenzpunkt dient der augenblickliche Zustand oder status quo. So kann beispielsweise ein möglicher Gewinn je nach Referenzpunkt als wirklicher Nettogewinn betrachtet werden oder auch als Minimierung eines Verlustes. Ein Verlust kann entsprechend einen Nettoverlust bedeuten oder aber die Verminderung eines Gewinns. Zum anderen wird bei der Prospect Theory der Nutzen nicht mehr mit den objektiven Wahrscheinlichkeiten multipliziert, sondern mit einer sogenannten psychologischen Wahrscheinlichkeit, die von den Autoren als  $\Pi$ -Funktion oder Gewichtungsfunktion bezeichnet wird. Subjektive Präferenzen gehen dabei als Gewichte in die Entscheidungen ein, wobei man davon ausgeht, dass diese Gewichte nicht notwendigerweise mit objektiven Wahrscheinlichkeiten korrespondieren. Vielmehr liegt der  $\Pi$ -Funktion die Annahme zugrunde, dass sehr kleine Wahrscheinlichkeiten überbewertet werden im Vergleich zu mittleren und grossen Wahr-

scheinlichkeiten, die eher unterbewertet werden. Ausserdem ist diese Funktion an den Endpunkten, also bei objektiven Wahrscheinlichkeiten von null und eins nicht definiert.

Nach der Prospect Theory basiert eine Entscheidung also auf vier Aspekten. Erstens ist für die Entscheidung der subjektive Nutzen des potentiellen Ereignisses wichtig, also z.B. der Nutzen der Geldmenge, die verloren oder gewonnen werden kann. Zweitens wird die subjektive Eintretenswahrscheinlichkeit dieses Ereignisses berücksichtigt. Drittens spielt der Problemkontext eine bedeutsame Rolle, also ob es sich eher um einen Gewinn- oder Verlustframe handelt. Mit Gewinnframe ist die Möglichkeit gemeint, durch eine Entscheidung den Gewinn zu maximieren. Der Verlustframe bezieht sich auf die Möglichkeit, durch eine Entscheidung einen drohenden Verlust zu minimieren. Und viertens ist eine Entscheidung auch von der internalen Verarbeitung der ersten drei Aspekte abhängig (vgl. Rachlin, Logue, Gibbon & Frankel, 1986). Auf welche Weise der subjektive Nutzen des potentiellen Ereignisses, dessen subjektive Eintretenswahrscheinlichkeit sowie der Entscheidungsframe verarbeitet werden, haben Kahneman und Tversky (1984) mittels einer hypothetischen Wertefunktion dargestellt. Wichtigste Ableitungen aus dieser Funktion sind, dass der subjektive Wert von Gewinnen und Verlusten nicht in linearem Zusammenhang mit dem tatsächlichen Ansteigen der objektiven Werte steht. Vielmehr steigt der subjektive Wert proportional langsamer an, je stärker der objektive Wert steigt (vgl. Kapitel 2.1.1), wobei die Kurve für Gewinne konkav und für Verluste konvex ist. D.h. schon eine relativ kleine Änderung der objektiven Verluste bewirkt eine grössere Änderung in der subjektiven Wertung als die gleiche Änderung bei objektiven Gewinnen erzielen würde. Daraus lässt sich beispielsweise ableiten, dass die Risikosuche bei drohenden Verlusten grösser ist als die Risikoaversion bei objektiv vergleichbaren Gewinnen.

Die Prospect Theory wurde im folgenden von Tversky und Kahneman (1992) weiterentwickelt und als *Cumulative Prospect Theory* (CPT) bezeichnet. Die Hauptveränderung wurde an der Gewichtungsfunktion von objektiven Wahrscheinlichkeiten zu subjektiven Entscheidungsgewichten vorgenommen. So ist die Gewichtungsfunktion in der PT noch dadurch gekennzeichnet, dass die subjektiven Entscheidungsgewichte von kleinen objektiven Wahrscheinlichkeiten relativ hoch sind. Die gespiegelte s-förmige Gewichtungsfunktion der CPT hingegen berücksichtigt empirische Befunde, dass Personen sensitiv auf Veränderungen von Wahrscheinlichkeiten sowohl nahe null als auch nahe eins reagieren, hingegen im mittleren Wahrscheinlichkeitsbereich weniger sensitiv sind. Dabei wird angenommen, dass kleinere Wahrscheinlichkeiten eher überschätzt,

grössere Wahrscheinlichkeiten jedoch eher unterschätzt werden. Ausserdem erfüllt die CPT im Gegensatz zur klassischen Prospect Theory die Voraussetzung der stochastischen Dominanz. Stochastische Dominanz erfordert, dass eine Verschiebung der Wahrscheinlichkeit von negativen Ergebnissen hin zu positiveren Ergebnissen zu einem positiveren Prospect, also einer verbesserten Aussicht führt. Schliesslich scheint die CPT auch empirische Befunde besser erklären zu können (vgl. Fennema & Wakker, 1997). Zusammenfassend kann man sagen, dass die Cumulative Prospect Theory diverse empirische Anomalien der Expected Utility Theory erklären kann und dadurch heute zu den führenden deskriptiven Theorien der Entscheidung unter Unsicherheit gezählt wird (Abdellaoui, Vossman & Weber, 2002).

#### **2.1.4 Entscheidungen über die Zeit: Discounted Utility, mögliche Erklärungen und ihre Anomalien**

Entscheidungen können häufig unmittelbare als auch verzögerte Konsequenzen haben. So kann man sich zum Beispiel entscheiden, Geld als Festgeld über einen bestimmten Zeitraum auf der Bank anzulegen. Damit steht es einem nicht mehr momentan zur Verfügung, was eine unmittelbare negative Konsequenz wäre. Allerdings würde man auf längere Sicht Zinsen für das Geld bekommen, was als langfristige positive Konsequenz bewertet werden kann. Oder man kann an einer Verlosung teilnehmen, deren Gewinnausschüttung unmittelbar erfolgt oder erst nach Ablauf einer Frist, wie z.B. Ende des Jahres. Mit Entscheidungen, deren Konsequenzen verzögert eintreten, beschäftigen sich Wissenschaftler unter dem Stichwort *intertemporaler Entscheidungen* (*Intertemporal Choices*). Samuelson (1937) hat als erster versucht, das Urteils- und Entscheidungsverhalten in Situationen mit verzögerten Konsequenzen in einem Modell zu formulieren. In seinem *Discounted Utility Model* postulierte er, dass Personen den Nutzen von Konsequenzen, die nicht unmittelbar eintreten, abwerten. Danach haben Gewinne, die man erst verzögert erhält, einen geringeren Wert, als sofort erhältliche. Verluste hingegen würden, wären sie verzögert, nicht mehr so schwer wiegen wie unmittelbare Verluste. Dem Discounted Utility Model liegt dabei eine intraindividuell konstante Discount-Rate (Abwertungsrate) zugrunde, die unabhängig von Verzögerungsdauern, dem Umfang der verzögerten Ereignisse, dem Vorzeichen der Alternativen (Gewinne versus Verluste) oder inhaltlichen Domänen sein sollte.

In Kapitel 2.2.3 werden empirische Befunde zum Discounting vorgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass Personen tatsächlich verzögerte Ereignisse gegenüber un-



mittelbaren Ereignissen abwerten, auch wenn der Modus nicht ganz dem von Samuelson (1937) postulierten entspricht. Doch wieso kommt es zu diesem Effekt? Mögliche Erklärungen für die Abwertung verzögerter Ereignisse könnten zum einen sein, dass Personen ihrem Urteil sich ändernde Präferenzen zugrunde legen. Das heisst, sie gehen davon aus, dass das, was sie heute wählen würden, nicht unbedingt das gleiche ist, wofür sie sich z.B. in einem Monat entscheiden würden, weswegen das heute Gewählte in der Zukunft einen geringeren Wert für die Person hätte (Frederick, Loewenstein & O'Donoghue, 2003). Weiterhin könnte man argumentieren, dass durch ökonomische, inflationäre Entwicklungen der Wert eines Ereignisses im Laufe der Zeit tatsächlich abnimmt, oder umgekehrt, dass in der Ökonomie ein Wertausgleich der Verzögerung z.B. über Zinsen geschaffen wird. Inflationsrate und Zinsraten würden also einen ökonomisch sinnvollen Massstab für Discount-Raten darstellen. Dass dem nicht so ist, zeigt sich darin, dass die Discount-Raten häufig wesentlich höher sind als übliche Zins- oder Inflationsraten und auch nicht konstant bleiben. Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz für die subjektive Abwertung stellt die (Un-)Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und damit eng verbunden, das Phänomen der Selbstkontrolle dar. Offenbar gibt es im Menschen die allgemeine Motivation, angenehme Ereignisse sofort erleben zu wollen und unangenehme Ereignisse herauszuzögern. Aus Evolutionsperspektive macht dies auch Sinn, wenn man die Gelegenheiten nutzt, die sich einem unmittelbar bieten und damit das unmittelbare Überleben gesichert wird. Entsprechend kann man fehlende Selbstkontrolle auch im Tierreich finden (Anderson, J. R., Awazu & Fujita, 2000). So argumentierten Becker und Mulligan (1997), dass erst die Sprache dem Menschen die Möglichkeit gegeben hat, Zukunftsszenarien zu generieren und damit etwas wie Vorfreude oder überhaupt längerfristige Handlungsplanung zu entwickeln. Doch auch damit ist der Mensch noch weit von rationaler Selbstkontrolle entfernt, wobei jüngere Personen im allgemeinen über weniger Selbstkontrolle verfügen als Erwachsene (Mischel, Shoda & Rodriguez, 1992). Mangelnde Selbstkontrolle ist somit eine Möglichkeit, positive Zeitpräferenz im Sinne der Bevorzugung unverzögerter positiver Ereignisse zu erklären. Ein anderer Erklärungsansatz für das Discounting, dass nämlich Verzögerung auch Unsicherheit implizieren kann und damit subjektiven Wertverlust nach sich ziehen kann, wird im folgenden Kapitel erläutert. Die nicht vollständige Reihe von möglichen Erklärungen wird schliesslich in Kapitel 6.2.3 durch ein Modell ergänzt, nach dem die Art der Repräsentation der Zukunft ebenfalls zur subjektiven Abwertung beitragen kann.

Ähnlich der Abweichungen von der Expected Utility Theory (vgl. Kapitel 2.1.2) konnte die Forschung der letzten Jahrzehnte auch im Bereich der intertemporalen Entscheidungen diverse Anomalien aufdecken, die unter anderem gegen die Annahme einer konstanten Discount-Rate sprechen (vgl. Loewenstein & Prelec, 1992). So wird mit dem *Common Difference Effect* beispielsweise der Präferenzwechsel beschrieben, der eintreten kann, wenn man die Verzögerung von zwei alternativen Konsequenzen mit dem gleichen Faktor multipliziert. Mögen Personen 100 CHF lieber morgen bekommen als 120 CHF in sieben Tagen, so werden sie jedoch 120 CHF in 77 Tagen den 100 CHF in 71 Tagen vorziehen, obgleich die Relation der Verzögerungen zueinander gleich bleibt. Der *Magnitude Effect* bezeichnet das Phänomen, dass grosse Geldsummen, deren Erhalt verzögert wird, langsamer abgewertet werden als kleine verzögerte Geldsummen. Erklärt wird dieses Phänomen nach Loewenstein und Thaler (1989) damit, dass kleinere unvorhergesehene Gewinnsummen im allgemeinen dazu gedacht sind, sie unmittelbar zu konsumieren. Eine Verzögerung würde hier also schmerzhaften Konsumverzicht und damit Wertverminderung bedeuten. Grössere unvorhergesehene Summen hingegen würden angelegt oder gespart werden, was den Konsumverzicht schon automatisch impliziert, da man zu sparendes Geld nicht ausgeben will. Daher stellt ein Aufschub im Fall von grösseren Summen keinen grossen Verlust dar und der subjektive Wert nimmt nur langsam ab. Weiterhin zeigten sich auch Unterschiede im Abwerten zwischen verzögerten Gewinnen und verzögerten Verlusten. Nach der *Gain Loss Asymmetry* (auch *Sign Effect*) werden Verluste, gesehen über die Dauer der Verzögerung, langsamer abgewertet als Gewinne, das heisst, dass der subjektive Wert von Verlusten stabiler über die Zeit ist. Schliesslich zeigt der *Immediacy Effect*, dass unmittelbare Konsequenzen im Vergleich zu den gleichen, aber verzögerten Konsequenzen, überbewertet werden. Das bedeutet, Personen bevorzugen beispielsweise ein unmittelbares positives Ereignis vor einem verzögerten positiven Ereignis, auch wenn der objektive Wert des unmittelbaren Ereignisses kleiner ist.

Es wurde also deutlich, dass Ereignisse aufgrund von Verzögerung einem subjektiven Wertverlust unterliegen. Allerdings wird diese Abwertung von einer Reihe von Faktoren systematisch beeinflusst und ist nicht in der Weise konstant, wie Samuelson (1937) dies vorhergesagt hatte. Die empirischen Abweichungen von den Vorhersagen des Discounted Utility Models haben in der Folge zu einer Reihe von theoretischen Weiterentwicklungen geführt, von denen ein Ansatz im nächsten Abschnitt vorgestellt werden soll.

### **2.1.5 Gemeinsamkeiten zwischen Expected Utility Theory und Discounted Utility Theory sowie ihre Integration**

Verschiedene Autoren haben auf die Parallelen zwischen der Expected Utility Theory (EU) und der Discounted Utility Theory (DU) hingewiesen (Prelec & Loewenstein, 1991; Rachlin et al., 1986). Wie bereits erwähnt, beruht die EU auf Entscheidungsalternativen, deren Eintretenswahrscheinlichkeiten kleiner als eins sind. Die DU hingegen bezieht sich auf Entscheidungsalternativen, deren Eintreten verzögert ist. Prelec und Loewenstein argumentierten nun, dass Verzögerungszeit und Eintretenswahrscheinlichkeit im Grunde ähnliche Faktoren sind, die Entscheidungen auf ähnliche Weise beeinflussen und auch vergleichbare Anomalien hervorrufen können.

Prelec und Loewenstein (1991) verglichen dazu beispielsweise den Certainty Effect der EU, also die überproportionale Bewertung sicherer im Vergleich zu unsicheren Ereignissen, mit dem Immediacy Effect der DU, bei dem unmittelbare Ereignisse gegenüber verzögerten ebenfalls überproportional hoch bewertet werden. Diese Phänomene weisen auf eine Ähnlichkeit der Einflüsse von Verzögerung und Unsicherheit auf die subjektive Bewertung hin. Weiterhin stellten sie den Common Ratio Effect der EU, nach dem die Multiplikation von zwei unterschiedlichen Ereigniswahrscheinlichkeiten mit demselben Faktor zu veränderten Präferenzen führen kann, dem Common Difference Effect der DU gegenüber, wonach die Addition derselben Zeitdauer zu zwei unterschiedlich lange verzögerten Ereignissen ebenfalls eine Präferenzverschiebung zur Folge haben kann. Das heisst, eine Operation auf den Faktoren Zeit und Wahrscheinlichkeit kann zu ähnlichen Effekten hinsichtlich der Präferenzumkehr führen. Ein weiteres EU-DU-Anomalienpaar stellen der Reflection Effect der EU und die Gain Loss Asymmetry der DU dar. So kann es bei Entscheidungen unter Unsicherheit zu einem Wechsel von der Risikoaversion zur Risikosuche kommen, wenn Gewinne als Verlustverminderung und nicht als Nettogewinn dargestellt werden. Andererseits ergibt sich ein stärkerer Werteverlust bei der Verzögerung von Gewinnen als bei der Verzögerung von Verlusten. Sowohl bei Entscheidungen unter Unsicherheit als auch bei Entscheidungen mit verzögerten Konsequenzen spielt also der Ereignisframe, das heisst, ob es sich, relativ zum persönlichen Referenzpunkt, um Gewinne oder Verluste handelt, eine Rolle. Schliesslich wurde auch auf die Ähnlichkeit zwischen dem Peanuts Effect der EU und dem Magnitude Effect der DU hingewiesen, wobei der Peanuts Effect die Tendenz der Risikobereitschaft bei kleinen Gewinnen bzw. der Risikoaversion bei grossen Gewinnen beschreibt. Für Verluste gilt das Gegenteil. Der Magnitude Effect hingegen bezieht sich

auf die verlangsamte Abwertung grosser im Vergleich zu kleinen Ereignissen. Das bedeutet, dass offenbar die Grösse der Ereignisse sowohl Entscheidungen unter Unsicherheit als auch Entscheidungen mit verzögerten Konsequenzen beeinflussen kann. Diese Gegenüberstellungen machen deutlich, dass den jeweiligen Anomalien-Paaren der Expected Utility Theory und der Discounted Utility Theory offensichtlich ähnliche Mechanismen zugrunde liegen, die zu vergleichbaren Effekten führen.

Bereits Rachlin et al. (1986) haben die Reaktionen auf unsichere Ereignisse mit Reaktionen auf verzögerte Ereignisse verglichen. So wiesen auch sie auf die Korrespondenz von Risikoaversion bei positiven Ereignissen, die unsicher sind und die Abwertung von positiven Ereignissen, die verzögert sind, hin. Weiterhin stellten sie die Risikobereitschaft bei unsicheren negativen Ereignissen der Tendenz von Personen gegenüber, negative Ereignisse verzögern zu wollen. Als zusammenfassende Erklärung formulierten Rachlin et al., dass verzögerte Ereignisse implizit auch zugleich unsichere Ereignisse sind und damit im Alltag hohe Korrelationen erfahren. Jeder kann sich z.B. das Gefühl der Unsicherheit vorstellen, wenn er jemandem Geld leiht, der es erst nach einem Jahr wieder zurückgeben kann. Untergründig kann dabei der Gedanke mit schwingen, was alles in dieser Zeit passieren kann. Dieser Punkt macht eine Verzögerung zur Unsicherheit, da sie einen Zeitraum für das Eintreten unerwarteter Ereignisse darstellt. Daher ist es nicht überraschend, dass auch die Reaktionen auf Verzögerung und Unsicherheit vergleichbar sind.

Als Konsequenz der Vergleichbarkeit von Eintretenswahrscheinlichkeit und Verzögerungszeit schlagen Prelec und Loewenstein (1991) die Integration der beiden Theorien von EU und DU vor. Diesem neuen theoretischen Ansatz liegt die Annahme einer *multiattributiven Erwartung* (prospect) zugrunde. Das bedeutet, dass sich Entscheidungsalternativen durch eine Reihe von Attributen auszeichnen, die intern repräsentiert und in dem Entscheidungsprozess berücksichtigt werden. Diese Attribute werden nach den Autoren in Form von Wertepaaren repräsentiert. Dabei bilden immer der absolute Wert eines Attributes und die dazugehörige Polarität (Plus; Minus) ein Wertepaar. Die Polarität ist positiv, wenn grössere Werte des Attributes die Erwartung verbessern. So würde z.B. die temporale Erwartung eines Gewinns von 1000 CHF in 6 Monaten kodiert werden als (1000; 6) mit den dazugehörigen Polaritäten (Plus; Minus). Das Plus steht für die positive Valenz des Gewinns, das Minus bedeutet, dass eine grösser werdende Verzögerung die Valenz des Gewinns vermindern würde. Ebenso liesse sich aber auch ein unsicheres Ereignis, z.B. der Verlust von 1000 CHF mit einer Wahr-

scheinlichkeit von 0.6 darstellen. Dazu könnten die Werte folgendermassen repräsentiert werden (1000; 0.6), die dazugehörigen Attribute als (Minus; Plus), wobei das Minus für die negative Valenz des Verlustes steht und das Plus für die Vergrösserung der Valenz des Verlustes bei steigender Wahrscheinlichkeit. Zentral an den Überlegungen von Prelec und Loewenstein ist, dass ihr Modell Verzögerungen sowie Wahrscheinlichkeiten und Gewinne sowie Verluste berücksichtigt, und dass bestimmte Transformationen auf Attributsebene (z.B. Wert- oder Polaritätstransformationen) zu systematischen Veränderungen der Gewichtungen der Attribute führen können.

Abschliessend kann man festhalten, dass Entscheidungen und Beurteilungen von unsicheren wie auch von verzögerten Ereignissen offenbar ähnlichen Mechanismen unterliegen. Dies hat sich anhand einer Reihe vergleichbarer Abweichungen vom normativen, nutzenmaximierenden Verhalten gezeigt. Daher scheint es plausibel, Entscheidungen unter Unsicherheit sowie intertemporale Entscheidungen nicht mehr getrennt voneinander zu betrachten, sondern sie theoretisch wie empirisch zusammenzuführen.

### **2.1.6 Irrationales Verhalten auf dem Aktienmarkt**

Ein bedeutsamer wirtschaftlicher Bereich, in dem Entscheidungen unter Unsicherheit sowie Entscheidungen mit verzögerten Konsequenzen getroffen werden und in dem daher auch irrationales Verhalten besonders ausgeprägt ist, ist der Aktienmarkt. Betont werden soll vorab, dass sich der Begriff der Irrationalität im folgenden auf die ausbleibende subjektive Nutzenmaximierung bezieht. Man kann dabei mindestens zwei Motive unterscheiden, in Aktien zu investieren. Das idealistischere Motiv ist, tatsächlich mit seinen Investitionen die ausgewählten Firmen unterstützen zu wollen, weil man beispielsweise das Produkt positiv bewertet oder man die langfristige Entwicklung fördern will. Das eigennützigere, aber wohl verbreitetere Motiv besteht darin, den Aktienmarkt als Instrument für kürzer- oder längerfristigen Profit zu benutzen. Dabei sind Investoren einer Reihe von Misskonzepten und Illusionen erlegen, die sie zu irrationalem, d.h. von der Nutzenmaximierungsnorm abweichendem Verhalten verleiten. An dieser Stelle soll eine Auswahl davon vorgestellt werden.

Ein grundlegender Faktor, der auf unterschiedliche Weise irrationale Entscheidungen hervorrufen kann, ist die Kontrollillusion (Langer, 1975; Strickland, Lewicki & Katz, 1966). Unter Kontrollillusion versteht man die Überzeugung von Personen, zufällig eintretende Ereignisse beeinflussen können. Dieser Überzeugung entsprechend handeln die Personen auch. Am Aktienmarkt kommt die Kontrollillusion zum Tragen,

wenn es um die Vorhersagbarkeit von Aktienentwicklungen geht. Um eine Kontrollillusion per definitionem handelt es sich aber erst, wenn die Kontrollierbarkeit zufälliger Ereignisse angenommen wird oder wenn zumindest eine stärkere Kontrollierbarkeit angenommen wird, als tatsächlich möglich ist. Bezogen auf den Aktienmarkt existiert nun ein grosser Disput darüber, ob die Entwicklung von Aktienkursen einem Zufallsprinzip folgt bzw. inwieweit sich doch Vorhersagen über zukünftige Entwicklungen treffen lassen und damit auch eine gewisse Kontrollierbarkeit besteht. Untersuchungen der letzten Zeit versuchten, die Unvorhersagbarkeit der Aktienkursentwicklungen zu belegen, indem sie nachwiesen, dass eine zufällige bzw. durch Laien gezogene Auswahl an Aktien genauso rentabel oder sogar rentabler sein kann als eine Aktienausswahl, die durch Spezialisten vorgenommen wurde (Borges, Goldstein, Ortmann & Gigerenzer, 1999; „Wallstreet Journal“, 1998). Allerdings wurden diese Ergebnisse beschränkt auf einen sogenannten Bullenmarkt, bei dem Aktienkurse generell eher ansteigen. Diese Untersuchungen unterstützten die Annahme, dass der Verlauf von Aktienwerten zufällig ist und daher durch Experten nicht besser vorhergesagt werden kann als durch Laien. Das heisst, der Erfolg einer Anlageperiode erhöht die Wahrscheinlichkeit nicht, dass die nächste Anlageperiode ebenfalls erfolgreich sein wird. Daher sollte auch das Expertenwissen keinen grossen Einfluss auf den Profit haben. Ein weiteres Beispiel für die Unabhängigkeit des Erfolgs von vorherigen Aktienverläufen ist der Wall Street Fond 44, der zwischen 1975 und 1979 als erfolgreichster Fonds in dieser Periode galt. In der darauffolgenden 5-jährigen Periode hingegen stieg er zum erfolglosesten Fonds ab (Shefrin & Statman, 1986). Auch frühere Arbeiten haben bereits auf die statistische Unabhängigkeit der Entwicklung von Aktienkursen hingewiesen (Alexander, 1961; Fama, 1965), was allerdings von Investmentmanagern und Investoren häufig ignoriert wird. Stattdessen verhalten sie sich so, als könnten zukünftige Bewegungen vorhergesagt werden, was dazu führt, dass das Auftreten neuer Reize, wie Informationen über Firmenentwicklungen und politische Entwicklungen oder sogar nur die Gerüchte darüber, zu unmittelbaren Ankaufs- und Verkaufsreaktionen führt, was wiederum andere Investoren aktiviert, auch zu handeln. DiFonzo und Bordia (1996) konnten experimentell nachweisen, dass Personen zwar überzeugt sind, dass Gerüchte über den Aktienmarkt keine glaubwürdigen Informationen darstellen, dass ihr Verhalten aber zeigt, dass sie ihre Investitionen dennoch an diesen Gerüchten orientieren.

Moore, Kurtzberg, Fox und Bazerman (1999) untersuchten, wie positive Illusionen und Vorhersagefehler zur Irrationalität im Anlageverhalten beitragen können. Statt

Geld in risikoärmere, sogenannte Index-Fonds oder Obligationen anzulegen, die eine repräsentative Auswahl von Aktien für eine längerfristige Anlage anbieten, bevorzugten viele Investoren Anlagefonds, die durch teure Fondsmanager aktiv organisiert wurden, aber dabei häufig eine schlechtere Performanz aufwiesen. Weshalb die Investoren dennoch an ihrer suboptimalen Anlagestrategie festhalten, erklärten die Autoren durch verschiedene fälschliche Überzeugungen der Anleger, sogenannte *Biases*. So überschätzten die Probanden im Experiment sowohl die zukünftige als auch die vergangene Performanz ihrer Investitionen (*Overconfidence*). Zudem überschätzten sie auch die zeitliche Konsistenz der Performanz, d.h. nach einer gewinnträchtigen Periode erwarteten sie, dass sich diese positive Entwicklung fortsetzt. In einer verlustreichen Periode hingegen tendierten die Probanden dazu, ihre Anlagen auf andere Aktien zu verschieben, was nachgewiesenermaßen negativ mit dem Gewinn korrelierte. Deutlich wird hier, dass wiederum Aspekte der Kontrollillusion als auch der verzerrter Wahrnehmung zu irrationalen Verhalten führten.

Weitere Heuristiken und Fehler, die aus dem Bereich der Entscheidungsforschung stammen und sich zur Erklärung irrationaler Phänomene am Aktienmarkt eignen, sollen hier kurz vorgestellt werden. Unter Heuristiken versteht man vereinfachende Annahmen, die als Entscheidungshilfen in komplexen Situationen herangezogen werden.

Eine bekannte Heuristik ist die *Verfügbarkeitsheuristik*. Danach werden Entscheidungen auf Grundlage der Informationen getroffen, die zum Entscheidungszeitpunkt leicht im Gedächtnis abrufbar, gut vorstellbar bzw. hoch salient sind (Mowen & Brewer, 1984). Am Aktienmarkt tritt die Verfügbarkeitsheuristik in Form von verhältnismässig höheren Anlagen in Aktien des Heimatmarktes auf. Auch werden Aktien bevorzugt, die aus der Branche stammen, in der die Anleger arbeiten (Gyomlay, 2002). Ein solches Vorgehen verdeutlicht, dass die Aktienauswahl nicht objektiv auf Basis von Kosten und Nutzen getroffen wird, sondern subjektive und damit irrationale Faktoren Einfluss gewinnen. Zum anderen wird durch diese Strategien der Diversifikationseffekt, d.h. die Risikoreduktion durch breit gestreute Anlagen, vermindert.

Eine weitere Heuristik ist die *Repräsentativitätsheuristik*. Dabei wird angenommen, dass Ereignisse, die für einen Prozess typischer sind, auch als wahrscheinlicher angenommen werden (Häcker & Stapf, 1998). Verfügen Personen z.B. über das Wissen von Gleichwahrscheinlichkeit von Kopf und Zahl beim Münzwurf, tendieren sie nach der Beobachtung einer Reihe von Kopf-Würfen dazu, anzunehmen, dass die Wahr-

scheinlichkeit für einen Zahl-Wurf nun überzufällig hoch ist, obgleich jeder Wurf ein unabhängiges Zufallsereignis darstellt (Kahneman & Tversky, 1972). Entsprechend würden Anleger nach verlustreichen Anlageperioden erwarten, dass sich Gewinne einstellen, die diese Verluste ausgleichen. Eng mit der Repräsentativitätsheuristik hängt das *Gesetz der kleinen Zahlen* zusammen (Tversky & Kahneman, 1971). Dies beschreibt, dass Personen dazu neigen, sich auf kleine Stichproben zu verlassen, um daraus Schlussfolgerungen für die Gesamtheit zu ziehen. Auf den Aktienmarkt bezogen hiesse das, dass Investoren z.B. eine kurze Zeitspanne der vergangenen Aktienentwicklung betrachten, um daraus, sofern dies überhaupt effektiv möglich ist (s.o.), Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung zu treffen und entsprechend zu investieren.

Eine Reihe anderer Heuristiken beschreiben Gigerenzer und Kollegen (Gigerenzer, Todd and the ABC Research Group, 1999; Gigerenzer, 2001) mit ihrem Modell der *Adaptive Toolbox*. Die Heuristiken, die sie dieser Toolbox zuordnen, zeichnen sich dadurch aus, domänenspezifisch statt domänenübergreifend zu sein. Das macht diese Entscheidungshilfen schnell und gleichzeitig sparsam, was wiederum zu kostenarmen Entscheidungen führt. Aufgrund ihrer Spezifität werden sie zudem als ökologisch rational angesehen. Ein Beispiel für eine solche Heuristik ist die *Take-The-Best*-Heuristik (Gigerenzer & Goldstein, 1996). Danach beruht ein Entscheidungsurteil auf den einzelnen Merkmalen der Alternativen. Diese Merkmale werden, ihrer Validität bezüglich der Fragestellung entsprechend, mental aufgelistet. Dann wird ein Prozess in Gang gesetzt, der, beginnend mit dem wichtigsten Merkmal, die Ausprägungen der Merkmale bei den infragekommenden Alternativen vergleicht. Gibt es nun ein Merkmal, das zwischen den Alternativen unterscheidet, wird an dieser Stelle der Vergleichsprozess abgebrochen und die Alternative mit dem Merkmal gewählt, das eine positive Merkmalsausprägung bezogen auf die Fragestellung besitzt. Hinsichtlich der Auswahl von Aktien für Investitionen kann das bedeuten, dass ein Investor beispielsweise Informationen über die Performanz verschiedener Aktien erhält. Performanzmerkmale könnten die Schwankungsrate, der Schwankungsbereich, der Abschluss der Aktie zu jedem Quartal, das Ausmass des Renditegewinns, die Gewinnentwicklung etc. sein. Entscheidet der Anleger nun gemäss der *Take-The-Best*-Heuristik und gewichtet er den Schwankungsbereich als das wichtigste Merkmal, wird er diesen bei allen Aktien vergleichen und dann die Aktie zur Investition wählen, bei der der Schwankungsbereich am kleinsten ist. Alle weiteren Informationen wird er gar nicht erst in seine Entscheidung einbeziehen. Mit dieser Strategie



gie trifft er zwar eine unaufwändige Entscheidung, die aber aufgrund der Nichteinbeziehung aller relevanten Informationen nicht unbedingt die erfolgsversprechendste ist.

Zu weiteren Faktoren, die Entscheidungen auf Kosten der Objektivität beeinträchtigen können, zählt der *Anker Effekt* als Spezialfall serieller Informationsintegration (Tversky & Kahneman, 1974). Ein Anker kann verstanden werden als ein salienter Referenzpunkt, der objektiv nichts mit einem zu treffenden Urteil zu tun hat, aber dennoch dafür herangezogen wird. Das darauf folgende Urteil orientiert sich dann an der Grösse dieses Ankers. So liessen Tversky und Kahneman ihre Probanden den prozentualen Anteil der afrikanischen Länder schätzen, die den Vereinten Nationen beigetreten waren. Vorher liessen sie die Probanden ein Rad drehen, das per Zufall bei einem bestimmten Prozentsatz anhielt. Die Probanden sollten von diesem Anker ausgehend, aber sonst unbeeinflusst ihre Schätzungen abgeben. Dabei zeigte sich, dass die Höhe des Ankers das Urteil systematisch beeinflusste, obgleich er nichts mit dem zu schätzenden Ereignis zu tun hatte. Für den Aktienmarkt würde das bedeuten, dass sich Investoren durch irrelevante Referenzpunkte beeinflussen lassen, indem sie beispielsweise die Performanz von Aktien mit einem zufälligen Referenzpunkt, wie dem letzten DAX oder Ähnlichem vergleichen.

Der *Hindsight Bias* ist ein anderes Beispiel für irrationales Verhalten (Fischhoff, 1974). Unter dem Hindsight Bias versteht man die Tendenz von Personen, ihr bereits abgegebenes Urteil über ein mögliches Ereignis aufgrund von nachfolgenden Informationen über das tatsächliche Ereignis nachträglich in die richtige Richtung zu verzerren. Daraus folgt, dass Personen ihre Fähigkeit, Ereignisse vorauszusagen, überschätzen. Bekannt ist dieses Phänomen auch unter dem *Knew-It-All-Along-Effect* (Fischhoff, 1977). Schliesslich soll noch der *Perseverance Effect* vorgestellt werden. Dieser wird beschrieben als Tendenz von Personen, an einem einmal getroffenen Urteil festzuhalten, auch wenn sie mit gegenteiligen Beweisen konfrontiert werden (Lord, Ross & Lepper, 1979). Widersprüche werden entweder entsprechend dem eigenen Urteil uminterpretiert oder schlicht ignoriert. Auf den Aktienmarkt bezogen, bedeuten die letztgenannten Effekte, dass Anleger kaum aus ihren Erfahrungen lernen. Zum einen wird ihre Kontrollillusion noch gestärkt durch die nachträgliche Überzeugung, alles vorher schon gewusst zu haben. Zum anderen werden sie auch aus der Dissonanz der Vorhersage und dem tatsächlichen Ereignis kaum lehrreiche Schlüsse ziehen, weil sie durch den Hindsight Bias und den Perseverance Effect diese Dissonanz vermindern.

### **2.1.7 Quellen der Irrationalität**

Im folgenden Kapitel sollen mögliche Ursachen der menschlichen Irrationalität im Sinne fehlender Nutzenmaximierung beleuchtet werden. Man muss dabei zwei Hauptquellen von Irrationalität unterscheiden. Zum einen kann es sein, dass Personen in verschiedenen Situationen nicht über das nötige Wissen verfügen, auf deren Grundlage sie rationale Entscheidungen treffen könnten. So ist zum Beispiel anzunehmen, dass die meisten Lottospieler die Information über die tatsächliche Gewinnchance beim Lotto nicht haben und daher den Erwartungswert beim Lotto höher einschätzen als er wirklich ist. Tatsächlich beträgt die Gewinnchance für sechs Richtige plus Zusatzzahl beim Spiel „6 aus 49“  $1 : 139\,838\,160$  oder  $0,000000715\%$ . Die andere Möglichkeit wäre aber, dass Personen die nötigen Informationen haben bzw. sich diese beschaffen könnten. Doch da sie diese relevanten Informationen entweder ignorieren oder unbewusst nicht benutzen, weil ihnen andere Informationen bedeutsamer erscheinen, treffen sie irrationale Entscheidungen. Allerdings ist die beschriebene Grenze zwischen bewusster und unbewusster Irrationalität fließend und daher auch empirisch kaum nachweisbar.

Oft können irrationale Entscheidungen im Sinne fehlender Nutzenmaximierung auf den Einfluss von Gefühlen auf das Entscheidungsverhalten zurückgeführt werden, was auch in den in Kapitel 2.1.2 genannten Anomalien deutlich geworden sein sollte. Das heisst, Gefühle, die assoziiert sind mit z.B. Sicherheit, Besitz oder Verlust, beeinflussen den Entscheidungsprozess, der nach rationaler Sicht nur auf der kalkulierten Analyse von Kosten und Nutzen beruhen sollte. Ein Gefühl, das beispielsweise beim *Sunk Cost Effect* (Arkes & Blumer, 1985) eine wichtige Rolle spielen kann, ist die momentane oder drohende Reue. Beim Sunk Cost Effect haben Personen bereits etwas in eine Unternehmung investiert, die sich allerdings in der Folge als erfolglos herausstellt. Statt dies zu akzeptieren, neigen sie dazu, nochmals zu investieren, um den drohenden Verlust und damit möglicherweise auch die drohenden Reuegefühle abzuwehren. Würden sie die Reue einfach ertragen, wäre das häufig die rationalere Entscheidung, da es sie vor weiteren Verlusten bewahren könnte.

Neben den aktuellen Gefühlen spielt die Antizipation von Gefühlen, die aufgrund der Erwartung zukünftiger Ereignisse auftreten können, eine bedeutsame Rolle (Connolly & Zeelenberg, 2002; Loewenstein, 1987; Loewenstein, Weber, Hsee & Welch, 2001). Loewenstein (1987) postulierte nicht nur, dass die Erwartung zukünftiger Gefühle eine Entscheidung beeinflussen kann, sondern, dass durch die Antizipation auch ein Nutzen entstehen kann, der als Faktor in die Entscheidung eingeht. So kann

beispielsweise eine antizipierte Vorfreude auf ein zukünftiges Ereignis die Wartezeit mit einem positiven Nutzen versehen und den Wert des Ereignisses erhöhen, obgleich nach der Discounted Utility Theory Verzögerung eigentlich mit Wertminderung einhergeht (vgl. Kapitel 2.1.4). Loewenstein und Schkade (1999) sowie andere Autoren (Kahneman & Snell, 1992; Simonson, 1990) konnten aber auch zeigen, dass Personen ihre Gefühle häufig nicht korrekt antizipieren können. Das heisst, Gefühle werden nicht nur als, im Sinne rationaler Nutzenmodelle, wirtschaftlich irrelevante Faktoren im Entscheidungsprozess berücksichtigt. Sie werden zudem auch noch, im Sinne subjektiver Nutzenmodelle, falsch vorhergesagt, weswegen eine Nutzenmaximierung unwahrscheinlich wird.

Eng zusammenhängend mit der Rolle der Gefühle in Entscheidungssituationen ist das Problem der Selbstkontrolle. Unter Selbstkontrolle versteht man die Fähigkeit, eigenes Verhalten, Emotionen und Wünsche in bestimmten Situationen zu unterdrücken. Personen in Entscheidungssituationen sind häufig Versuchungen ausgesetzt, denen es zu widerstehen gilt, wollen sie ihren Nutzen tatsächlich maximieren. Ein typischer Konflikt findet dabei zwischen kurzfristigen und langfristigen Folgen von Entscheidungen statt. Diese beiden Arten von Folgen können für eine Person unterschiedliche Valenz haben (positiv oder negativ) bzw. auch unterschiedlich gewichtet sein (größer oder kleiner). Um von langfristigen grossen positiven Folgen profitieren zu können, müssen Personen häufig auf kurzfristige kleinere positive Folgen verzichten (z.B. beim Geldsparen) oder auch kurzfristige negative Folgen ertragen können (z.B. bei einer Zahnbehandlung). In diesen Situationen benötigen Personen Selbstkontrolle, doch in Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Selbstkontrolle nicht immer ausreichend vorhanden ist (Faber, 2004; Muraven & Slessareva, 2003). Entwicklungspsychologische Studien haben ergeben, dass besonders Kinder mangelnde Selbstkontrolle aufweisen, sich diese Fähigkeit jedoch im Entwicklungsverlauf verbessert (Mischel et al., 1992).

Weiterhin kann man davon ausgehen, dass auch Motive und Persönlichkeitsvariablen irrationales Verhalten in mehr oder weniger starkem Mass hervorbringen können. Bedeutsam ist dabei, dass diese Variablen dazu führen können, dass Personen zu unterschiedlichen Entscheidungen gelangen, obgleich oft nur eine Entscheidung die optimale im Sinne der Nutzenmaximierung sein kann. So werden Personen in der gleichen Entscheidungssituation zu anderen Entschlüssen gelangen in Abhängigkeit davon, ob sie eher erfolgsorientiert oder misserfolgsvermeidend sind.

Erfolgsmotivierte sind primär bestrebt, einen Erfolg zu erreichen, wohingegen es das erste Ziel der Misserfolgsvermeider ist, unter allen Umständen einem Misserfolg aus dem Weg zu gehen. Erst sekundär können sie motiviert sein, auch Erfolg zu haben (Atkinson, 1957; Heckhausen, 1963; beide zit. nach Rheinberg, 1995). Auch das Leistungs- und das Machtmotiv können sich auf Entscheidungen auswirken. Eine ganze Reihe weiterer subjektiver Eigenschaften kann ebenfalls dazu führen, dass Personen in der gleichen Situation unterschiedliche Entscheidungen treffen. Zu diesen Variablen lassen sich die Tendenz zum Sensation Seeking oder zum Perfektionismus zählen, aber auch das aktuelle und das ideale Selbstbild, die subjektive Rollenwahrnehmung, die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten oder Self Efficacy, die Neigung zum Self Monitoring usw. Eine andere menschliche Eigenschaft, die interindividuell jedoch deutlich schwanken kann, ist die Tendenz zur Vermeidung von Unsicherheit. Bereits Ellsberg (1988) konnte mittels eines nach ihm benannten Paradigmas nachweisen, dass Personen Lotterien mit bekannter Gewinnwahrscheinlichkeit gegenüber denen mit unbekannter Gewinnwahrscheinlichkeit präferieren.

Auch das Konzept der kognitiven Dissonanz (Festinger, 1957) kann zu suboptimalen Beurteilungen und Entscheidungen bezüglich der Nutzenmaximierung beitragen. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Anschluss an eine Entscheidung vorwiegend Informationen gesucht werden, die diese Entscheidung rechtfertigen. Stimmen hingegen Wahrnehmungen, Meinungen oder Überzeugungen nicht mit gezeigtem Verhalten überein, kann es zu einer inneren Spannung, also zu kognitiver Dissonanz kommen. Dabei tendieren Personen dazu, diese Dissonanz zu reduzieren, indem sie ihre Wahrnehmungen, Meinungen und Überzeugungen an ihr Verhalten anpassen (Bergius, 1998). Das kann dazu führen, dass ein offensichtlich negatives Verhalten (z.B. die Investition in eine verlierende Aktie) mittels irrationaler Kognitionen derart umgedeutet wird, dass dieses Verhalten gerechtfertigt erscheint. Diese Umdeutung kann ein Grund dafür sein, dass Personen aus negativem Verhalten nicht die richtigen Konsequenzen für nachfolgendes Verhalten ziehen.

Ebenfalls zu einer Abweichung vom Nutzenmaximierungsprinzip tragen äussere Faktoren, wie die Kosten von Informationen, sowie innere Faktoren, wie die begrenzte Aufnahme und Verarbeitung von Informationen beim Menschen bei. Simon (1981) hat die Auswirkungen dieser Faktoren auf Entscheidungen in Abgrenzung von den Rational Choice Modellen *Bounded Rationality* genannt. Besonders in komplexen Entscheidungssituationen mit mehreren Alternativen, die sich wiederum durch unterschiedliche

Attribute auszeichnen (vgl. Kapitel 2.1.5) kann die Informationsmenge die kognitiven Kompetenzen von Personen übersteigen, bei denen sowohl die Menge der aufnehmbaren Informationen als auch die Verarbeitungsgeschwindigkeit begrenzt sind. Da aber auch zwischen derartigen Alternativen Entscheidungen getroffen werden müssen, bedient sich der Mensch sogenannter, zum Teil oben schon erwähnter Heuristiken. Todd und Gigerenzer (2003) wie auch Rachlin (2003) sehen in der Bounded Rationality im übrigen eher Vor- als Nachteile. Sie betonen, dass kognitive Beschränkungen gezwungenermassen zu neuen Strategien führen, die dennoch in erfolgreichen Entscheidungen münden können. So würde die beschränkte kognitive Kapazität beispielsweise dazu führen, dass Personen schon auf Basis kleiner Stichproben Kausalität im Sinne von Kovarianzen entdecken müssen, statt grosse Stichproben vollständig zu untersuchen. Hätten Personen hingegen unbeschränkte kognitive Kompetenzen, würden sich diese effizienten Strategien gar nicht entwickeln. Demnach sei die Nutzung von Heuristiken gar nicht irrational, sondern rational in Situationen, in denen Entscheidungen nach dem Nutzenmaximierungsmodell zu langsam und zu ineffizient wären. Entsprechend wird die Verwendung von Heuristiken auch dem *Adaptive Decision Making* zugeordnet, da Personen damit ihre Strategien den vorhandenen Ressourcen flexibel anpassen.

Eine weitere Quelle unzureichender Rationalität stellt das eingeschränkte Eigeninteresse dar. Nach dem Prinzip des homo oeconomicus sollte ein Mensch ausschliesslich eigennützig handeln und dabei die Bedürfnisse und Ziele anderer Personen ignorieren (vgl. Kapitel 2.1.1). Da der Mensch aber auch ein soziales Wesen ist, ist sein Handeln nicht nur von Eigennutz geprägt. So weist er zum Beispiel prosoziale Motive und Verhaltensweisen auf, bei denen er darauf bedacht ist, sich gerecht, reziprok und altruistisch zu verhalten (vgl. Frey & Benz, 2002). Diese Motive und Verhaltensweisen können aber dazu führen, dass der Mensch seinen eigenen Nutzen zu Gunsten anderer Personen reduziert.

Schliesslich ist auch die Zeit als bedeutsame Quelle von irrationalen Entscheidungen zu erwähnen. Sollte die Zeit bei vielen Entscheidungen keine Rolle spielen, also z.B. in Situationen, in denen ein Ereignis oder die Rückmeldung über den Erfolg einer Entscheidung nur verzögert ist, konnte doch in zahlreichen Studien gezeigt werden, dass Zeit als Faktor in Urteile und Entscheidungen eingeht. So werden verzögerte, aber sichere Ereignisse subjektiv abgewertet (vgl. Kapitel 2.1.4) und damit ähnlich wie unsichere Ereignisse behandelt. Andererseits scheint die Beurteilung der Riskantheit eines Ereignisses abzunehmen, wenn man erst spät über den Ausgang des Ereignisses infor-

miert wird (vgl. Kapitel 2.2.2). Diese Veränderungen im Urteil und in Entscheidungen finden statt, obgleich die objektiven Werte bzw. das Risiko der verzögerten Ereignisse real dasselbe bleibt. Die eben beschriebenen Situationen, in denen der Faktor Zeit zu irrationalem Verhalten führen kann, beziehen sich darauf, dass die Zeit berücksichtigt wird, obgleich sie im Sinne der Nutzenmaximierung ein irrelevanter Faktor ist. Ein anderer Mechanismus, wie Zeit zu suboptimalen Entscheidungen führen kann, besteht in der Repräsentation der Zeit. Wird Zeit beispielsweise nicht linear, wie es unsere konventionellen Zeitstrukturen tun, sondern gekrümmt oder nicht-linear repräsentiert, kann dies auch Folgen für Entscheidungen haben. Ein Zeitraum, der kürzer repräsentiert ist, bietet nachvollziehbarer Weise auch weniger Gelegenheiten für riskante Ereignisse, im Gegensatz zu einem länger repräsentierten Zeitraum. Daher könnte die Riskantheitsbeurteilung auch geringer ausfallen für Zeitperioden, die später passieren und daher kürzer repräsentiert sind. Ausführlicher wird auf die Idee der nicht-linearen Zeitrepräsentation in Kapitel 6.2 eingegangen. Inwiefern Zeit als Faktor das Urteilen und Entscheiden beeinflussen kann, wird im folgenden Kapitel ausführlicher vorgestellt.

## **2.2 Bisherige Befunde zum Einfluss der Zeit auf Bewertungen und Entscheidungen**

### **2.2.1 Was ist Zeit?**

Lange nachdem das Konzept der Zeit in den Fokus des menschlichen Interesses gelangte und verschiedene Methoden der Zeitmessung erfunden wurden, entwickelte man eine präzise physikalische Definition von Zeit. Danach entspricht eine Sekunde genau „1 92 631 700 Schwingungen der Strahlung beim Übergang zwischen zwei Energiestufen des Isotops Cäsium 113“ (Levine, 1998, S. 59). Dass der Mensch die Zeit in Form dieses „physikalischen“ Reizes nicht wahrnehmen kann, steht ausser Diskussion. Physikalische Zeit zeichnet sich ausserdem nach Levin und Wilkening (1989) durch zwei Haupteigenschaften aus. Zum einen schreitet sie mit konstanter Geschwindigkeit fort, unabhängig von den Ereignissen, die in dieser Zeit auftreten. Zum anderen ist die Zeit messbar, d.h. man kann ihr numerische Grössen zuordnen, die wiederum die Grundlage für mathematische Operationen (wie die Addition von zwei Zeitdauern) bilden. Zeit ist allerdings im Vergleich zu Sinnesreizen wie Wärme, Druck oder Geschmack nicht direkt fühlbar. Auch verfügen Menschen nicht über ein Sinnessystem, das speziell auf das Zeiterleben ausgerichtet ist. Vielmehr ist Zeit ein Konstrukt und das Zeiterleben ein Ergebnis kognitiver Prozesse. Michon (1990) definiert Zeit folgendermassen: „Time is the conscious experiential product of the processes that allow the (human) organism to adaptively organize itself in its environment“ (p. 40). Oder anders gesagt, „time is essentially a psychological problem“ (Michon, 1992, p. 303).

Verschiedene Ansätze beschrieben, welche Prozesse an der Zeitwahrnehmung und -schätzung beteiligt sein können (vgl. Block, 1990). Zum einen gibt es chronobiologische Ansätze, die die Zeitwahrnehmung auf Basis tageszeitlicher Schwankungen der Umwelt und der Reaktion des Körpers darauf definieren. Tageszeitbedingte endogene Schwankungen betreffen unter anderem die Hormonausschüttung, die Körpertemperatur, das Nahrungsaufnahme- und Schlafbedürfnis, aus denen Personen wiederum Rückschlüsse auf die Zeit ziehen können. Da hierbei keine expliziten Repräsentationen notwendig sind und die tageszeitlichen Schwankungen nicht in jedem Fall bewusst wahrgenommen werden, wird diese Form der Zeitwahrnehmung auch *Implicit Timing* genannt (Michon, 1992). Dass Personen in der Lage sind, auch unter Isolation einen mehr oder weniger tageszeitlichen Rhythmus beizubehalten, konnten verschiedene Experimente nachweisen (Aschoff, 1985, 1992, 1993, 1998; Aschoff, von Goetz, Wildgruber

& Wever, 1986). Interessanterweise ergab sich aber bei all diesen Untersuchungen eine Überschätzung der Zeit. So entsprach nach einer mehrtägigen Isolationsdauer eine reelle Stunde der subjektiven Wahrnehmung von 1.12 h bis 1.47 h. Das heisst, der circadiane Rhythmus scheint länger zu sein als der tatsächliche 24-Stunden-Tag. Andere Ansätze, die jedoch empirisch nur unzureichend belegt werden konnten, nehmen einen internen Taktgeber, eine Art *Internal Clock* an. Die „Schläge“ dieses Taktgebers würden gezählt oder akkumuliert und dann je nach Aufgabe verarbeitet. Eine weitere Gruppe von Modellen geht davon aus, dass die Aufmerksamkeit die Zeitschätzung beeinflusst. D.h. in Abhängigkeit davon, wie viel Aufmerksamkeit man einem Ereignis zuwendet, wird sich die Schätzung seiner Dauer unterscheiden. Auch existieren diverse gedächtnisbasierte Modelle, die die Speicherkapazität bzw. die Veränderung von Gedächtnisinhalten, z.B. durch Intervallunterbrechungen, als bedeutsame Faktoren für die Zeitschätzung ansehen.

Verschiedene Kontextfaktoren beeinflussen die subjektive Einschätzung der Zeitdauer (vgl. Fraisse, 1984). So werden beispielsweise intensive Reize, wie laute Töne, als länger andauernd beurteilt als genauso lange währende Reize, die weniger intensiv sind. Auch werden auditive Reize im Vergleich zu visuellen Reizen durchschnittlich als länger eingeschätzt. Schliesslich hat man sich auch mit der Frage beschäftigt, wie die Struktur der Zeitdauern die Schätzung beeinflusst. Bereits William James (1890, zit. nach Friedman, 1990) formulierte folgendes: „In general, a time filled with varied and interesting experiences seems short in passing, but long as we look back. On the other hand, a tract of time empty of experiences seems long in passing, but in retrospect short“ (p. 19). Danach wäre es also von Bedeutung, ob man die aktuelle Zeitwahrnehmung oder die retrospektive Zeitschätzung erfasst. Beide Zeitmasse würden je nach Struktur des Zeitintervalls unterschiedlich ausfallen. Später ergaben empirische Befunde, dass gefüllte Intervalle, also mit Reizen angereicherte, tatsächlich als länger eingestuft wurden als sogenannte leere Intervalle (Thomas & Brown, 1974). Allerdings wurden auch die gegensätzlichen Ergebnisse gefunden (Hogan, 1978). Beide Resultate zusammenführend postulierte Hogan, dass die Schätzung der Zeit von der Komplexität der Reize, die während des zu schätzenden Zeitintervalls auftreten, abhängt. Besonders geringe wie auch besonders hohe Komplexität sollten dabei zu einer Überschätzung der Zeitdauern führen, wohingegen Zeitdauern mit mittlerer Komplexität eher unterschätzt würden. Auch die räumliche Anordnung der Reize kann die Einschätzung der Zeitdauer beeinflussen. So wird ein Zeitintervall zwischen zwei Reizen bis zu einem gewissen



Grad umso länger eingeschätzt, je weiter die Reizquellen im Raum voneinander entfernt sind (Fraisse, 1985).

Block (1990) hat versucht, ein kontextualistisches Rahmenmodell von Faktoren zu generieren, die die Wahrnehmung der Zeit beeinflussen. Er nimmt vier Faktoren an, nämlich die Charakteristika der die Zeit erfahrenden Person, die Inhalte der Zeitperiode, die Aktivitäten, die während dieser Zeit betrieben werden und aufgabenabhängige Verhaltensweisen und Urteile, je nachdem, ob die Dauer, die Reihenfolge, der Rhythmus oder andere zeitliche Merkmale beurteilt werden sollen. Beispielsweise sind je nach Inhalten bzw. Dauern der Zeitperioden unterschiedliche Gedächtnisprozesse beteiligt, wenn es um die Schätzung der Dauer geht. So ist bei sehr kurzen Perioden im Millisekundenbereich eher das Ultrakurzzeitgedächtnis aktiv, bei Perioden im Sekundenbereich ist eher das Kurzzeitgedächtnis gefordert und bei langen Zeitdauern, wie autobiographischen Informationen, kommt dem Langzeitgedächtnis eine besondere Bedeutung zu (Zakay, 1990).

Neben der Wahrnehmung der Zeitdauer lassen sich auf psychologischer Ebene noch weitere Konzepte von Zeit unterscheiden. Zum einen kann man Zeit als Abfolge betrachten. Dabei geht es um das sequentielle Auftreten von Ereignissen. Unter diesem Aspekt wurde beispielsweise Forschung zu der Frage betrieben, was Vergangenheit, was Gegenwart und was Zukunft ist, wie diese Bereiche voneinander abgegrenzt und wie sie repräsentiert werden. So hat Fraisse (1984) beispielsweise festgehalten, dass die psychologische Gegenwart im allgemeinen einen Zeitraum umfasst, der nicht länger als fünf Sekunden währt. Auch das Gedächtnis für zeitliche Ordnungen stand bei diesen Fragestellungen im Mittelpunkt des Interesses (Hintzman & Block, 1971).

Ein anderer, oben bereits erwähnter Aspekt psychologischer Zeit ist die Schätzung der Dauer von Ereignissen. Zahlreiche Untersuchungen haben sich damit beschäftigt, wie gut Personen Zeitdauern im Bereich von Millisekunden bis zu Tagen und Monaten schätzen können. Dabei wurden zwei Paradigmen unterschieden, nämlich die retrospektive und die prospektive Zeitschätzung. Bei der retrospektiven Schätzung mussten Personen nach Ablauf eines Ereignisses dessen Dauer schätzen, ohne dass ihnen diese Aufgabe zu Beginn des Ereignisses mitgeteilt wurde. Bei der prospektiven Schätzung wussten die Personen von Beginn an, dass sie nach Ende des Ereignisses seine Dauer schätzen müssen. Da, wie bereits erwähnt, die Aufmerksamkeit die Schätzung von Zeitdauern beeinflussen kann, unterschieden sich auch die Ergebnisse beider Methoden (vgl. Zakay, 1990).

Weiterhin kann man Zeit hinsichtlich ihrer zyklischen Eigenschaften betrachten. Hierbei ist interessant, wie Personen die Zyklizität, also die regelmässige Wiederholung verschiedener Zeitphasen, wie von Tag und Nacht, von Feiertagen oder Jahreszeiten wahrnehmen und repräsentieren. So hat sich zum Beispiel Friedman (Friedman, 1977) der Frage angenommen, wie sich die Repräsentation zyklischer Zeitverläufe entwickelt. In seiner Stichprobe von Kindern im Alter von vier bis zehn Jahren zeigte sich ein bedeutsamer Entwicklungsfortschritt bezüglich der Fähigkeit, zyklische Zeitaspekte zu repräsentieren. Der Fortschritt in diesem Bereich scheint dabei parallel zu verlaufen mit der Entwicklung logischer Zeitkonzepte und dem Verständnis für konventionelle Zeitsysteme, wie Stunden, Tage, Monate etc.

Schliesslich lässt sich Zeit auch noch unter dem Gesichtspunkt der Zeitperspektive betrachten (Lennings & Burns, 1998; Lennings, Burns & Cooney, 1998). Dieser Faktor lässt zum einen Aussagen darüber zu, welche Bedeutung der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft durch das Individuum eingeräumt werden und ob vielleicht eine Perspektive dominant ist. Zum anderen ist gerade auch im klinischen Kontext die Frage nach der Länge der Zeitperspektive bedeutsam. Das heisst, wie lange planen Personen voraus, wie stark dehnt sich ihre subjektive Zukunft aus. So haben zum Beispiel Zaleski, Cycon und Kurc (2001) den positiven Zusammenhang zwischen subjektivem Wohlbefinden und zukünftiger Zeitperspektive empirisch nachgewiesen. Zur Entwicklung der Zeitperspektive in nicht-klinischen Stichproben gibt es kaum Studien, was sicher auch damit zusammenhängt, dass die Untersuchung des Zeitkonzeptes unabhängig von den konventionellen Einheiten, wie Stunden oder Monaten, schwierig ist. Mit herkömmlichen Methoden wäre damit die tatsächliche Zeitperspektive mit kognitiven Fähigkeiten, wie der Sprache konfundiert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Zeit, obgleich sie heutzutage mit grösster Präzision instrumentell gemessen werden kann, auch ein bedeutsames psychologisches Konstrukt ist. Die Wahrnehmung und Schätzung von Zeitdauern, die Repräsentation der Zyklizität von Zeit sowie die Repräsentationen von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft unterliegen dabei dem Einfluss verschiedener Faktoren, was dazu führt, dass subjektive Zeit in unterschiedlich starkem Masse von gemessener Zeit abweicht. Zu den Einflussfaktoren lassen sich interne Faktoren, wie Informationsverarbeitungsprozesse, endogene physiologische Prozesse, Persönlichkeitsvariablen oder Entwicklungszustände zählen. Zum anderen gibt es externe Faktoren, die sich eher auf In-

halt und Kontext der Zeitintervalle beziehen und darüber wiederum Zeitwahrnehmung und -repräsentation beeinflussen.

### **2.2.2 Die Rolle des Zeithorizontes im Aktienmarkt**

#### **Risiko und Riskantheit**

Risiko kann allgemein definiert werden als die Möglichkeit von Verlust oder Verletzung (*Merriam-Webster Online Dictionary*, 2004). Betont werden soll hier der Begriff der Möglichkeit, der impliziert, dass es sich bei riskanten Situationen um Ereignisse handelt, die nicht mit absoluter Sicherheit eintreten. Vielmehr zeichnen sich Risikosituationen meist dadurch aus, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit der möglichen Ereignisse kleiner als eins ist. Die zweite Betonung liegt auf dem Begriff Verlust, der in der Risikoforschung eine ausgedehntere Bedeutung hat. Unter einem Verlust kann man neben dem tatsächlichen Verlust auch die Bedingung verstehen, in der man nicht den höchstmöglichen Gewinn erreicht.

Die Risikowahrnehmung bezieht sich darauf, wie das objektive Risiko von Personen wahrgenommen und beurteilt wird. Um die Konzepte des objektiven und subjektiven Risikos unterscheidbarer zu machen, soll im folgenden die subjektive Risikowahrnehmung als Riskantheit bezeichnet werden.

Was macht nun die Riskantheit beim Investitionsverhalten auf dem Aktienmarkt aus? Verschiedene Untersuchungen haben sich damit beschäftigt, wann eine Aktie als riskant eingeschätzt wird. Unser (2000) beispielsweise hat die Rolle der Varianz und des Mittelwertes von Aktien bei der Risikowahrnehmung untersucht. Dabei konnte er zeigen, dass die Varianz eines Aktienpreises über eine bestimmte Periode kein gutes Riskantheitsmass ist. Die Varianz bezieht sich bekanntermassen auf die mittlere quadrierte Abweichung vom Mittelwert. Unser konnte einen engeren Zusammenhang zwischen Riskantheitsurteil und sogenannten *Lower Partial Moments*, also den mittleren quadrierten Abweichungen vom Preis zu Beginn der Periode nachweisen. Ähnlich verhielt es sich beim Zusammenhang zwischen Mittelwert und Riskantheitsurteil. Als Referenzpunkt für Verluste wurde nicht der Mittelwert über die Periode herangezogen, sondern der Ausgangspreis der Aktie zu Beginn der Periode. Ausserdem zeigte sich, dass positive Abweichungen vom individuellen Referenzpunkt eine verminderte Risikowahrnehmung zur Folge haben. Man kann also zusammenfassen, dass bei der Beurteilung der Riskantheit von Aktien eher der Zustand zu Beginn der Investitionsperiode als der Mittelwert über die gesamte Periode als Referenz dient. Dies ist durchaus ratio-

nal, weil man den Nettogewinn einer Anlage als die Geldmenge betrachten kann, die ausser der Investitionsmenge noch im Plusbereich übrig bleibt.

### **Der Einfluss des Zeithorizontes auf Riskantheitsurteil und Investitionsverhalten im Aktienmarkt**

Will man an der Börse Geld anlegen, tendieren Investmentmanager dazu, ihren Kunden bei einem langen Anlagehorizont zu relativ höheren Investitionen in riskantere Anlagen zu raten. Will man im Gegensatz dazu sein Geld nur für eine kurze Zeit investieren, wird einem die höhere Investition in eher sichere Anlagen, wie Obligationen, empfohlen (Armstrong, 2002; Jaggia & Thosar, 2000; Klos, Langer & Weber, 2003). Bezogen auf den Anlagehorizont, der durch das Lebensalter natürlich begrenzt ist, gibt es sogar die Daumenregel, dass der prozentuale Anteil der Investitionen, den man in eher sichere Anlagen anlegt, dem Lebensalter entsprechen sollte. Danach sollte also ein Achtzigjähriger 80% seines Geldes in sichere und 20% in riskante Anlagen anlegen. Ein Zwanzigjähriger sollte sich genau umgekehrt verhalten (Baz et al., 1999). Nun könnte man fragen, warum überhaupt Geld in riskante Anlagen investiert wird, wo doch eine generelle menschliche Tendenz zur Risikoaversion bekannt ist (Thaler, 1980; Wu, 1999). Dies hängt damit zusammen, dass man riskanten Anlagen im allgemeinen eine höhere Rendite zuschreibt und damit sicherere Anlagen als unrentabler gelten (Shefrin, 2001).

Wie erklärt sich aber die Empfehlung, unterschiedliche Anlagerisiken in Abhängigkeit vom Anlagehorizont einzugehen? Zunächst gibt es eine rationale Erklärung, die allerdings nicht unangefochten ist. Das *Time Diversification Principle* beschreibt den Grundsatz, nach dem das reale Risiko abnehmen soll, je länger der Anlagehorizont ist. Zur Illustration dieses Prinzips soll ein einfaches Glücksspiel dienen. Stellt man sich vor, dass man bei diesem Glücksspiel mit der Wahrscheinlichkeit von 60% eine gewisse Summe gewinnen kann und mit 40%iger Wahrscheinlichkeit die gleiche Summe verlieren kann, so würde man bei der einmaligen Teilnahme an diesem Spiel mit 40%iger Wahrscheinlichkeit verlieren. Geht die Anzahl der Durchgänge des Glücksspiels jedoch gegen unendlich, sollten sich Gewinne und Verluste ausgleichen und der Nettogewinn sollte bei 10% liegen. Plausibel wird das Prinzip also, wenn man die Varianz als Risikomass betrachtet. Nach dem Gesetz der grossen Zahlen geht die Stichprobenvarianz voneinander unabhängiger jährlicher Renditen gegen null, wenn der Anlagehorizont unendlich wird.

Samuelson (1963; 1969) widersprach der im obigen Beispiel beschriebenen Tendenz, dass man seine Investitionsentscheidung bei gleichem Erwartungswert und gleicher Gewinnwahrscheinlichkeit von dem Investitionshorizont abhängig machen sollte. Er postulierte, dass, wenn Aktienrenditen einem zufälligen Verlauf folgen und die relative Risikotoleranz der Investoren konstant bliebe, die optimale Anlagestrategie dann unabhängig vom Zeithorizont sein sollte. D.h. wenn jemand ein einmaliges Glücksspiel ablehnt, bei dem man mit 50%iger Wahrscheinlichkeit 200\$ gewinnen bzw. 100\$ verlieren kann, sollte diese Person auch die hundertmalige Wiederholung dieses Spiels ablehnen (Samuelson, 1963). Es zeigte sich aber, dass Personen dazu neigen, die erste, einmalige Variante abzulehnen, die Wiederholungsvariante hingegen anzunehmen, was dafür spricht, dass die Risikotoleranz über die Zeit nicht gleich bleibt (Keren & Wagenaar, 1987). Dieser Präferenz des wiederholten Glücksspiels liegt einerseits die Risikoaversion zugrunde, die besonders bei der einmaligen Variante zum Tragen kommt, bei der man mit 50%iger Wahrscheinlichkeit sofort 100\$ verliert. Da Verluste allgemein als schwerwiegender beurteilt werden als Gewinne (Kahneman & Tversky, 1979), kann die Aussicht auf den Gewinn von 200\$ den drohenden 100\$-Verlust offenbar nicht aufwiegen. Andererseits beziehen sich Personen bei ihrer Präferenz des wiederholten Spiels wahrscheinlich auch auf das Gesetz der grossen Zahlen, nach dem angenommen wird, dass die Varianz wiederholter Zufallsereignisse bei unendlicher Wiederholung gegen null geht (s.o.).

Benartzi und Thaler (1999) gehen noch einen Schritt weiter, indem sie postulierten, dass die Varianz und damit das Risiko wiederholter Zufallsereignisse sich im Langzeitverlauf sogar vergrößert, wenn die Investition gesamthaft im Spiel bleibt. Auf Aktien bezogen bedeutet das, wenn der Aktienpreis einem zufälligen Verlauf folgt, erhöht sich die Varianz proportional zum Anlagehorizont. Auch Bodie (1995) meinte, dass das Risiko von Aktien sich über einen langen Anlagehorizont erhöht.

Der „wahre“ Verlauf von Aktienpreisen ist vor dem Hintergrund dieser konkurrierenden Modelle empirisch untersucht worden. So zeigte sich in einigen Untersuchungen zwar die Tendenz von Renditen, zu ihrem Mittelwert zurückzukehren, besonders wenn die Renditen über Jahre verfolgt wurden, doch war die statistische Power gering (Fama & French, 1988; Poterba & Summers, 1988).

Die spannendere Frage ist allerdings, ob die subjektive Risikowahrnehmung und damit verbunden das Investitionsverhalten tatsächlich durch den Zeithorizont beeinflusst werden. Die Befunde von Keren und Wagenaar (1987) sprechen bereits für eine

Zunahme der Risikotoleranz über wiederholte Glücksspiele (s.o.). Dieses Phänomen wurde unter anderem auch durch Siebenmorgen und Weber (2000) untersucht. Dabei zeigte sich bei einer generellen Tendenz der Überschätzung der Renditen, dass die Höhe der Fünf-Jahres-Renditen von den Probanden weniger stark überschätzt wurde als die der Ein-Jahres-Renditen. Allerdings wurden die wahrgenommenen Standardabweichungen der Renditen und damit das Risiko bei einem langen Zeithorizont stärker unterschätzt als bei einem kurzen Zeithorizont. Zusammengefasst kann man also sagen, dass erwachsene Personen bei Anlagen über ein und fünf Jahre den potentiellen Gewinn überschätzten, und zugleich bei einem langen Anlagehorizont die Schwankung und damit das Risiko stark unterschätzen. Die Autoren erklären die Unterschätzung des Langzeit-Risikos mit der Überzeugung der Probanden, dass die Rendite auf längere Sicht wieder zu ihrem Mittelwert zurückkehrt. Auf der Verhaltensebene hingegen ergab sich nur eine Tendenz, bei einem langen Anlagehorizont mehr Geld in riskante Aktien anzulegen. Signifikant wurde der Effekt nicht. In anderen Untersuchungen konnte dieser Effekt jedoch nachgewiesen werden, indem gezeigt wurde, dass Langzeit-Anleger im Vergleich zu Kurzzeit-Investoren tatsächlich einen höheren Prozentsatz ihres Vermögens in riskantere Investitionen anlegten (Anderson & Settle, 1996; Schooley & Worden, 1999).

Unterstützt werden diese Ergebnisse durch Befunde aus Laborexperimenten, in denen der zeitliche Einfluss auf die Berücksichtigung von Gewinnhöhe und -wahrscheinlichkeit bei Glücksspielen untersucht wurde (Sagristano, Trope & Liberman, 2002). Die Probanden mussten dabei jeweils Präferenzurteile zwischen Spielen treffen. Die Resultate ergaben, dass, wenn ein angekündigtes Glücksspiel erst nach einer langen Zeit tatsächlich durchgeführt werden sollte, sich Personen dann, im Vergleich zur sofortigen Durchführung, bei ihrer Präferenz stärker durch die Gewinnhöhe beeinflussen liessen. Der Einfluss der Gewinnwahrscheinlichkeit hingegen nahm mit zunehmender zeitlicher Spieldistanz ab. Anders gesagt wurde das Risiko besonders bei einem unmittelbaren Spiel beachtet, bei einem verzögerten Spiel war eher die Gewinnhöhe entscheidend für die Wahl des Spieles. Diese Ergebnisse können als eine erhöhte Risikotoleranz (oder zumindest -ignoranz) bei einem längeren Zeithorizont interpretiert werden.

Ergebnisse von Gilovich, Kerr und Medvec (1993) aus einem anderen Bereich unterstützen ebenfalls die Hypothese der zunehmenden Risikotoleranz bei längerem Zeithorizont. Sie konnten anhand von Schulprüfungen zeigen, dass Personen das Ver-

trauen in ihre eigenen Fähigkeiten umso stärker verloren, je näher der Tag der Rückmeldung, also der Prüfung, rückte. Entsprechend sollte sich auch die Aversion, die mit einem unsicheren, also riskanten Ereignis aufkommt, vergrößern, je näher man an den Zeitpunkt des Feedbacks kommt.

Wie lässt sich nun die erhöhte Risikobereitschaft bei einem langen Zeithorizont erklären? Einerseits scheinen Personen davon überzeugt zu sein, dass sich Gewinne und Verluste über längere Zeit ausgleichen (vgl. Siebenmorgen & Weber, 2000). Abgesehen von der Möglichkeit, dass Personen nur über eingeschränkte Fähigkeiten verfügen, mit kumuliertem Risiko mathematisch korrekt umzugehen (Slovic, 2000), und abgesehen davon, dass ein nicht zu vernachlässigender wirtschaftlicher Bereich von der Vorhersagbarkeit von Aktienkursen lebt und gern die Kontrollierbarkeit von Risiko (die sich per definitionem eigentlich ausschliesst) und Renditen propagiert, schlagen Jaggia und Thosar (2000) eine weitere psychologische Erklärung vor, weshalb Personen über einen langen Zeithorizont relativ mehr Geld in riskante als in sichere Aktien anlegen. Abgeleitet aus den Befunden von Vroom und Pahl (1971), nach denen Risikobereitschaft und Alter negativ korreliert sein sollen, und Risikobereitschaft und verbleibende Lebenszeit damit in positivem Zusammenhang stehen, postulieren sie, dass die subjektive Risikotoleranz mit einem langen Anlagehorizont anwächst. Von dieser These von Jaggia und Thosar (2000) lassen sich auch Parallelen zum Discounting Prinzip ziehen (vgl. Kapitel 2.1.4). So hat die Discount-Forschung ergeben, dass ein drohender Verlust weniger negativ bewertet wird, wenn er zeitlich verzögert ist (Prelec & Loewenstein, 1991; Rachlin, Brown & Cross, 2000; Shelley, 1993). Ähnlich könnte ein drohendes Risiko als weniger negativ bewertet werden, wenn sich die Rückmeldung über den Ausgang des Risikos verzögert.

Ein anderer, eher kognitiver Erklärungsansatz für horizontabhängige Aktieninvestitionen, der bereits angedeutet wurde, kommt aus der Forschung zu mathematischen Fähigkeiten. So haben bereits Wagenaar und Kollegen (Timmers & Wagenaar, 1977; Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979) zeigen können, dass erwachsene Probanden beträchtliche Schwierigkeiten hatten, exponentielles Wachstum vorauszusagen. Risiko- und Renditeinformationen beziehen sich im Aktienbereich häufig auf 1-Jahres-Perioden. Risiko und Renditen, insoweit diese in der Anlage verbleiben, können sich über die Jahre jedoch exponentiell entwickeln. Daher kann die auch Schwierigkeit bei der Vorhersage exponentieller Funktionen auf lange Sicht zu Verzerrungen bezüglich des erwarteten Risikos bzw. der Renditen führen (Anderson & Settle, 1996).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es am Aktienmarkt ein empfohlenes und übliches Verhalten zu sein scheint, einen grösseren Anteil Geldes in riskante Anlagen zu investieren, wenn der Anlagehorizont lang ist. Im Gegensatz dazu werden grössere Investitionen in sichere Anlagen getätigt, wenn der Anlagehorizont kurz ist. Theoretische Ansätze zeigen sich uneinig darüber, ob dieses Verhalten tatsächlich ökonomisch gerechtfertigt, das heisst, gewinnversprechend ist. Die empirische Forschung konnte den Effekt der Risikoverminderung über eine lange Anlagezeit nicht überzeugend nachweisen. Ungeachtet dieser unklaren Befundlage scheinen aber Personen tatsächlich eine lange Anlagedauer als risikoärmer zu beurteilen und dementsprechend mehr Geld in riskante Aktien zu investieren. Es konnte auch gezeigt werden, dass auf lange Sicht der Einfluss der Gewinnhöhe auf die Entscheidungen zunimmt, während der Einfluss der Gewinnwahrscheinlichkeit abnimmt. Das heisst, die Salienz des potentiellen Gewinns nimmt mit längerem Zeithorizont zu, während das Risiko mehr und mehr vernachlässigt wird. Schliesslich gibt es, unabhängig von der Angemessenheit oder Unangemessenheit des Einbezuges des Zeithorizontes in eigene Urteile und Entscheidungen, verschiedene psychologische Erklärungen für dieses Verhalten, die von der Unfähigkeit, das Risiko angemessen zu kalkulieren, über die subjektive Abwertung potentieller Verluste bis hin zum abnehmenden Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten bei näherückendem Feedback reichen. Allerdings ist die empirische Basis noch sehr klein. Zum einen basieren die bekannten Untersuchungen lediglich auf Stichproben von Erwachsenen. Zum anderen gibt es noch zu wenige Untersuchungen im finanziellen Bereich und schliesslich ist zu vermuten, dass die erhöhte Risikotoleranz bei verzögertem Feedback in einer Reihe anderer Bereiche auftreten könnte, die diesbezüglich bislang kaum untersucht wurden. Als Beispiel soll hier der Gesundheitsbereich dienen, wo z.B. durch Rauchen ein gesundheitsschädliches Verhalten gezeigt wird, bei dem ebenfalls das Langzeitrisiko als kumuliertes Risiko deutlich unterschätzt wird (Slovic, 2000).

### **2.2.3 Discounting: Die subjektive Abwertung verzögerter Ereignisse**

Entscheidungssituationen lassen sich unter anderem bezüglich des Zeitpunktes unterscheiden, zu dem die Entscheidungskonsequenzen eintreten. Allgemein können diese Konsequenzen unmittelbar nach der Entscheidung oder verzögert eintreten. Samuelson (1937) hat mit dem *Discounted Utility Model* ein Modell geschaffen, das den Einfluss der Verzögerung auf subjektive Bewertungen und Entscheidungen berücksichtigt (vgl. auch Kapitel 2.1.4). Dabei geht er davon aus, dass sowohl Gewinne als auch Ver-



luste, die erst nach einem gewissen Zeitraum eintreten, durch das Individuum abgewertet werden. Sein Modell basiert auf der Annahme einer individuellen Discount-Rate, die über alle Entscheidungen konstant ist. Die Konstanz bezieht sich hierbei unter anderem auf die Unabhängigkeit der Discount-Rate vom Inhalt, dem Vorzeichen und dem objektiven Wert des Ereignisses sowie von vorheriger Konsumierung. Zentral in seinem Modell ist ausserdem, dass in jeder Zeitperiode die gleiche Discount-Rate vorliegt, unabhängig davon, ob es sich z.B. um eine Woche ab sofort handelt oder um eine Woche in einem Jahr. Nach dem Discounted Utility Model berechnet sich der Wert eines verzögerten Ereignisses aus dem Nutzen des unverzögerten Ereignisses, multipliziert mit dem Discount-Faktor, in den die Länge der Verzögerung eingeht. Der subjektive Wert ist demnach eine monotone Funktion von Ereigniswert und Zeitverzögerung. Dabei wird ein Discount-Faktor kleiner eins angenommen, da man von einer positiven Zeitpräferenz, also einer Bevorzugung unverzögerter Ereignisse, ausgeht (Read & Loewenstein, 2000).

Auf Abweichungen der empirischen Befunde von den theoretischen Annahmen des Discounted Utility Models von Samuelson (1937) wurde bereits teilweise im Kapitel 2.1.4 eingegangen. An dieser Stelle soll nun ausführlicher auf die Annahme der Konstanz der Discount-Rate sowie die Bereichsunabhängigkeit eingegangen werden. Eine über alle Zeitperioden konstante Discount-Rate würde eine exponentielle Abwertung zur Folge haben, d.h. der Ausgangswert wird mittels einer in jeder Zeitperiode konstanten Rate vermindert. Roelofsma (2001) bezeichnet diese Form der Abwertung als normativen Ansatz, d.h. wie Personen zukünftige Ereignisse gewichten sollten. Wenn man beispielsweise die Verzögerung eines Gewinnes im Kontext des Geldverleihens betrachtet, wird deutlich, dass die verleihende Institution für den unmittelbaren Nutzensausfall entschädigt werden muss. Dies erfolgt im allgemeinen über Zinsen. Um eine feste Summe, die man sofort erhalten kann, unattraktiver zu machen als eine zeitlich verzögerte Summe, muss man die verzögerte Summe bezinsen. Zinsen bestehen dabei aus einer festen Rate (z.B. 5%), die zu der festen Summe pro Zeiteinheit addiert wird. Daraus folgt, dass das Gesamtvermögen exponentiell anwächst.

Dass es sich beim Discounting nicht um die implizite Berechnung von Zinsen handelt, wird dadurch deutlich, dass die Discount-Rate häufig wesentlich höher ist als übliche Zinsen (Chapman & Elstein, 1995; Raineri & Rachlin, 1993). Ausserdem ist die Discount-Rate, im Gegensatz zur Zinshöhe, abhängig von der Grösse der verzögerten Ursprungswerte (Magnitude Effect). Schliesslich konnte eine Vielzahl von Untersu-

chungen zeigen, dass die Discount-Rate nicht konstant ist, sondern mit zunehmender Verzögerung abnimmt (Ainslie & Haslam, 1992; Green, Myerson & O'Donoghue, 1999; Prelec & Loewenstein, 1991; Rubinstein, 2003). Daraus resultiert eine hyperbolische Abwertungsfunktion. Diese beinhaltet, dass Personen eine positive Zeitpräferenz haben, wenn es um die unmittelbare Zukunft geht. Wenn es um die ferne Zukunft geht, weisen sie jedoch eine negative Zeitpräferenz auf. Im Kapitel 2.1.2 wurde dieses Phänomen der Präferenzumkehr bereits beschrieben. Damit wird der Effekt bezeichnet, dass Personen beispielsweise den sofortigen Gewinn von 100\$ dem Gewinn von 110\$ in vier Wochen vorziehen. Hingegen würden sie bei einer längeren Zeitspanne, aber bei gleicher Verzögerungsrelation den Gewinn von 110\$ in 30 Wochen dem Gewinn von 100\$ in 26 Wochen vorziehen. Dieser Effekt lässt sich nur unter Annahme einer hyperbolischen Discount-Funktion erklären, welche sich auch empirisch bestätigen liess (Roelofsma & Keren, 1995). Im Vergleich zur exponentiellen Discount-Funktion fällt die hyperbolische Funktion bei zeitlich näheren Verzögerungszeiten stärker ab, für zeitlich entferntere Verzögerungen hingegen sagt sie eine geringere Abwertung voraus als die exponentielle Funktion.

Dass eine Verzögerung auch als Erhöhung des Risikos interpretiert werden kann, im Sinne der Unsicherheit, die eine Verzögerung mit sich bringt, wurde bereits in Kapitel 2.1.5 erwähnt. Prelec und Loewenstein (1991) konnten nachweisen, dass sich Personen in der Bewertung und Entscheidung bei verzögerten bzw. unsicheren Ereignissen tatsächlich ähnlich verhalten. Auch Shelley und Omer (1996) betonen, dass die Zukunft nicht perfekt vorausgesagt werden kann und jede Verzögerung daher ein implizites Risiko birgt. Interessant ist in diesem Zusammenhang der Befund von Stevenson (1992), dass sichere verzögerte Gewinne stärker abgewertet werden als unsichere verzögerte Gewinne. Ahlbrecht (1996; Ahlbrecht & Weber, 1997) konnte den Effekt der Eintretenswahrscheinlichkeit auf die Bewertung für verzögerte Gewinne wie verzögerte Verluste bestätigen. Diese Ergebnisse widersprechen im Grunde dem Magnitude Effect. Danach werden kleinere Werte schneller abgewertet als grössere Werte. Nimmt man nun an, dass Personen aus unsicheren Gewinnen einen Erwartungswert kalkulieren, bedeutet das, dass der Erwartungswert eines unsicheren Gewinns kleiner ist als der eines sicheren Gewinns in gleicher Höhe. Demnach würde man eine schnellere Abwertung des unsicheren Gewinns erwarten. Dass es aber dennoch zu einer stärkeren Abwertung sicherer verzögerter Ereignisse im Vergleich zu unsicheren verzögerten Ereignissen kommt, könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Personen eben keinen Erwartungswert

aus objektivem Wert und objektiver Eintretenswahrscheinlichkeit berechnen, so wie es die klassischen Modelle der rationalen Wahl postuliert haben (vgl. Kapitel 2.1.1). Die Autoren selbst erklären den gegensätzlichen Effekt damit, dass das Risiko bei einem unsicheren, verzögerten Ereignis salienter ist und von dem Verzögerungsaspekt ablenkt. Geht man hingegen davon aus, dass unsichere Gewinne eher wie Verluste behandelt werden, da die Unsicherheit bedeutet, einen potentiellen Gewinn möglicherweise nicht zu bekommen, dann entsprechen die Ergebnisse von Stevenson und Ahlbrecht dem bereits erwähnten Sign Effect. Nach dem Sign Effect werden Gewinne infolge von Verzögerungen stärker abgewertet als Verluste. Werden nun unsichere Gewinne quasi als Verluste empfunden, kann man damit die stärkere Abwertung sicherer vor unsicheren Gewinnen erklären.

Eine andere Herangehensweise zum Discounting entwickelten Raineri und Rachlin (1993). Sie gehen davon aus, dass der subjektive Wert eines Gutes immer auch von seiner Konsumierbarkeit abhängt. Dabei verweisen die Autoren auf das ökonomische Gesetz der Wertverminderung marginaler Werte. Es besagt, dass sich mit der Vergrößerung der Menge eines Gutes sein Wert ratenweise vermindert. Deutlich wird hier die Parallele zu psychophysischen Gesetzen (vgl. Kapitel 6.2.1). Hat man zum Beispiel gerade einen Fernseher gekauft, wird der Gewinn eines neuerlichen Fernsehers weniger wert sein, als wenn man noch kein Gerät gekauft hätte. Die Autoren argumentieren, dass diese Wertverminderung auf die Konsumverzögerung zurückzuführen ist. So ist die Gesamtgrösse einer Konsumierung abhängig von der Zeitdauer, die einem zur Verfügung steht. Die maximale Konsumierungsrate, also die Grösse der Einheit eines Gutes, die man maximal in einer bestimmten Zeitperiode konsumieren kann, ist meist begrenzt durch Biologie und Physiologie des Organismus. Dabei ist davon auszugehen, dass Geldwerte nicht gespart werden, sondern in tatsächlich konsumierbare Güter, wie Lebensmittel oder andere materielle Werte umgesetzt werden. Die Konsumierung eines grossen Gutes dauert danach also länger als die Konsumierung eines kleinen Gutes. Somit ist die letzte zu konsumierende Einheit eines grossen Gutes weniger Wert als die letzte zu konsumierende Einheit eines kleinen Gutes, obgleich die Einheitsgrösse gleich ist, weil die Verzögerung des Konsums zu der Wertverminderung führt. Experimentell konnten Raineri und Rachlin zeigen, dass der Wert von verzögertem Geld und weiteren Gütern (Auto, Urlaub) tatsächlich von der antizipierten Konsumierungsrate und -dauer abhängt.

Im folgenden soll auf eine weitere, bereits erwähnte Annahme der Discounted Utility Theory näher eingegangen werden, nämlich die postulierte Bereichsunabhängigkeit der Discount-Rate. Nach Samuelson (1937) sollten alle Arten von Werten von einer Person mit der gleichen Discount-Rate abgewertet werden. Die Mehrzahl der Untersuchungen zum Discounting haben Geldwerte betrachtet. Erst in letzter Zeit wurde versucht, die Discounted Utility auch in immateriellen Bereichen nachzuweisen. Beispielsweise wurde die zeitbasierte Abwertung von Geld, Urlaub und Gesundheitsaspekten verglichen (Chapman & Elstein, 1995). Andere Autoren beschäftigten sich mit dem Discounting im Berufs- und Karrierebereich (Schoenfelder & Hantula, 2003). Chapman und Elstein gaben ihren Probanden in Fragebögen Situationen vor, bei denen diese den verzögerten Wert eintragen mussten, der für sie gleich attraktiv wäre wie ein unverzögerter Wert, der vorgegeben war. Diese Werte umfassten verzögerte Geldwerte, eine medizinische Behandlung, die erst nach einer gewissen Zeit wirkt oder aber eine Urlaubsreise, die erst verzögert angetreten werden konnte. Die Ergebnisse wiesen domänenabhängige Discount-Raten nach. So wurden beispielsweise verzögerte Gesundheitswerte schneller abgewertet als finanzielle Werte. Zu dem gleichen Ergebnis kamen auch Rose und Weeks (1988). Ausserdem wurden finanzielle wie nicht-finanzielle Werte hyperbolisch, also mit über die Zeit kleiner werdenden Discount-Raten abgewertet.

Schoenfelder und Hantula (2003) untersuchten die Abwertung bezüglich zukünftigem Lohn und bevorzugter beruflicher Aufgaben. Sie legten ihren Probanden, die Psychologiestudierende kurz vor ihrem Abschluss waren, jeweils paarweise mögliche Anfangsgehälter bzw. Prozentsätze psychologiebezogener Aufgaben einer potentiellen Stelle vor. Dabei beinhaltete die erste Option stets den höheren Betrag / Prozentsatz, der zugleich unmittelbar verfügbar sein würde. Die zweite Option beinhaltete einen geringeren Betrag / Prozentsatz sofort, der sich nach einer gewissen Zeit jedoch steigern würde. Die Probanden mussten angeben, um welche Menge der geringere Betrag / Prozentsatz steigen müsste, um die Verzögerung auszugleichen. Die Dauer der Verzögerung wurde variiert. Bei beiden Domänen (Geld, berufliche Aufgabe) ergaben sich hyperbolische Discount-Funktionen, d.h. je länger die Verzögerung war, desto geringer war die Discount-Rate. Auch unterschieden sich die Discount-Raten in beiden Bereichen.

Bereits 1983 wurde der Discount-Effekt bei Nicht-Geldwerten mit höherer ökologischer Validität untersucht (Kok, 1983). Kok benutzte als Paradigma die Geschichte eines tatsächlich existierenden Chemiekraftwerks, das in der Nähe einer Ortschaft in

Holland betrieben wurde. Dieses Kraftwerk hatte innerhalb sechs Monaten vor der Untersuchung einen realen Störfall, bei der ein Feuer ausgebrochen war. Der Autor befragte eine Gruppe von Anwohnern, wie wahrscheinlich sie es fänden, dass erneut ein Störfall auftritt und welche Schwere sie erwarten würden. Auch sollten sie die Zeitspanne für ihre Prognose angeben, die entweder innerhalb der nächsten sechs Monate liegen konnte oder nach sechs Monaten. Es zeigte sich, dass Personen, die einen schweren Störfall erwarteten, auch angaben, dass er innerhalb der nächsten sechs Monate passieren würde. Die, die einen leichteren Störfall erwarteten, schätzten sein Eintreten eher längerfristig ein. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens wurde durch die beiden Zeitperspektiven nicht beeinflusst. Kok interpretierte dieses Ergebnis derart, dass Personen dazu neigen, Langzeitschäden bedeutsam zu unterschätzen, was wiederum mit dem Discount-Effekt erklärt werden kann. Allerdings ist die Methode der Untersuchung fragwürdig. Zum einen handelte es sich um eine ausgelesene Stichprobe, zum anderen kann von den Ergebnissen kein kausaler Schluss vom Zeithorizont auf die subjektive Risikobewertung gezogen werden. Im Gegenteil scheint es auch plausibel, dass z.B. ängstlichere Personen zu insgesamt negativeren Einschätzungen neigen und sie daher, im Vergleich zu weniger ängstlichen Personen, das Risiko überschätzen und den Eintretenszeitraum unterschätzen.

Kritisch zu den unterschiedlichen Discount-Raten in Abhängigkeit der Ereignisbereiche sei anzumerken, dass die jeweiligen Autoren den Magnitude Effect vernachlässigten. Danach werden kleinere Werte schneller abgewertet als grössere Werte. Bei den Vergleichen der Discount-Raten aus materiellen und nicht-materiellen Bereichen wurde jedoch im Voraus keine Wertabgleichung vorgenommen. Das heisst, es ist möglich, dass die unterschiedlichen Discount-Raten nicht nur aufgrund der unterschiedlichen Bereiche zustande kamen, sondern auch aufgrund unterschiedlicher Anfangswerte in den zu vergleichenden Bereichen. Dies sollte in zukünftigen Untersuchungen zur Bereichsabhängigkeit der Discount-Raten unbedingt kontrolliert werden.

Zwei Studien, die den Discount-Effekt über verschiedene Altersgruppen untersucht haben, wurden von Green und Kollegen (Green, Fry & Myerson, 1994; Green et al., 1999) durchgeführt. In einer Untersuchung wurden 12-jährigen Kindern sowie 20-jährigen und 68-jährigen Erwachsenen sofortige und verzögerte finanzielle Belohnungen unterschiedlicher Höhe präsentiert. Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Verzögerung der gegenwärtige Wert der Belohnung in allen Altersgruppen abnahm. Die Abwertung war am höchsten in der Gruppe der Kinder und verringerte sich mit steigen-

dem Alter. Ausserdem wurden die Daten in allen drei Altersgruppen am besten durch eine hyperbolische statt durch eine exponentielle Funktion beschrieben (Green et al., 1999). Die Autoren schlugen im folgenden eine Discount-Funktion vor, die sowohl die Discount-Rate als auch die Skalierung des Wertes und der Verzögerung berücksichtigt. Sie diskutierten die Alterseffekte auf das Discounting zum einen in Hinblick auf die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub, die mit steigendem Alter bekanntermassen zunimmt (Mischel et al., 1992). Zum anderen betonten sie die Abnahme der Risikobereitschaft mit wachsendem Alter. Als weiterer Erklärungsansatz für den Alterseffekt auf die Discount-Rate wurde die Möglichkeit der unterschiedlichen Skalierung der Zeit in den verschiedenen Altersstufen angesprochen. Die Autoren nahmen an, dass beispielsweise bei jüngeren Personen Zeitspannen, die mehrere Jahre entfernt liegen, als relativ ähnlich skaliert werden könnten, wohingegen kürzere Zeitspannen besser differenziert würden. Dies kann eine grössere Discount-Rate bei kurzen Zeitverzögerungen zur Folge haben. Eine ausführliche Diskussion dieses Ansatzes wird in Kapitel 6.2 vorgenommen werden.

Bislang hat man in der Discounting-Forschung immer einfache Zeitverzögerungen zugrunde gelegt. Das heisst, eine Verzögerungsphase bestand aus einem einzigen Intervall (z.B. drei Monate). Read und Roelofsma (2003) sind der Frage nachgegangen, was passiert, wenn man die Verzögerungsphase in mehrere Intervalle teilt. Aus der bisherigen Forschung ist bekannt, dass Werte über kürzere Intervalle stärker abgewertet werden als über längere Intervalle. Nicht zuletzt folgt aus diesem Phänomen die bereits beschriebene nicht-lineare Abwertungsfunktion mit einer stärkeren Abwertung zu Beginn und einer nachfolgenden Abflachung der Funktionskurve (hyperbolisches Discounting). Ausserdem werden kleinere Werte stärker abgewertet als grössere Werte (Magnitude Effect). Teilt man nun eine Verzögerungsphase von beispielsweise drei Monaten in drei Intervalle von je einem Monat auf, sollte die Abwertung in jedem einzelnen Intervall erstens grösser sein als beim gleichen Intervallabschnitt der ungeteilten Verzögerung, weil ja das Einzelintervall kürzer ist. Zum anderen sollte beim nachfolgenden Einzelintervall die Abwertung zusätzlich deshalb noch grösser sein, weil der Wert im ersten Einzelintervall schon stärker entwertet wurde, also zu Beginn des nächsten Intervalls kleiner ist. Aufgrund des Magnitude Effektes sollte daher für den kleineren Wert auch eine grössere Abwertung erfolgen. Das heisst insgesamt sollte über eine Verzögerungsphase ein Wert dann stärker abgewertet werden, wenn die Phase in Ein-

zelintervalle unterteilt ist, als wenn die Verzögerungsphase nicht geteilt ist (vgl. Abb. 1).

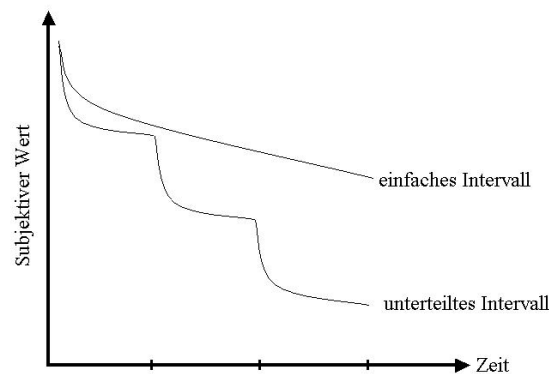


Abbildung 1. Subjektive Abwertung von Ereignissen aufgrund von Verzögerung durch ein einfaches oder unterteiltes Zeitintervall (Subbadditives Discounting, nach Read & Roelofsma, 2003).

Read und Roelofsma (2003) haben diese Hypothese experimentell überprüft, indem sie die Probanden einen Wert entweder über eine ungeteilte Verzögerungsphase beurteilen liessen (z.B. 52 Wochen). Oder aber die Probanden mussten den subjektiven Wert nach einem Intervall von 26 Wochen angeben und dieser Wert wurde dann wiederum als Ausgangswert für das zweite Verzögerungsintervall von 26 Wochen benutzt. Ausgehend von den Ergebnissen ihrer Experimente haben Read und Roelofsma genau diesen Effekt gefunden, dass die subjektive Abwertung eines Wertes über mehrere Intervalle stärker ist als über ein Intervall bei gleicher Gesamtverzögerungszeit. Diesen Effekt haben sie *Subadditives Discounting* genannt.

Den Einfluss der Portionierung eines verzögerten Gutes auf die subjektive Bewertung hat unter anderem bereits Loewenstein (1987) aus einem leicht anderen Sichtwinkel als Read und Roelofsma (2003) untersucht. Nach Loewensteins theoretischen Ansatz, nachdem allein schon aus der Antizipation zukünftiger Gefühle ein Nutzen gezogen werden kann, ergibt sich, dass z.B. ein erwarteter, verzögerter Gewinn durch den Zusatz der Antizipation einen grösseren Gesamtnutzen beinhaltet, als der gleiche Gewinn, der nicht verzögert ist. Geht es nun um Präferenzentscheidungen zwischen sequentiell verzögerten Ereignissen (z.B. die Lohnzahlungen der nächsten Monate), wird klar, dass bei positiven Ereignissen eine im Wert zunehmende Sequenz präferiert werden sollte, weil dort das letzte Ereignis auch den grössten Antizipationsnutzen liefert. Bei negativen Ereignissen sollte die präferierte Reihenfolge genau umgekehrt sein: das Ereignis mit dem grössten Verlust sollte so schnell wie möglich erlebt werden, um die

Antizipation negativer Gefühle zu minimieren. Empirische Untersuchungen konnten diesen Effekt bestätigen (Loewenstein & Sicherman, 1991).

Stellt man das Konzept der Discounted Utility dem Ansatz von Loewenstein (1987) von der Nutzengewinnung aus der Antizipation von Gefühlen gegenüber, stellt man fest, dass beide Theorien Vorhersagen machen, die sich widersprechen. Während bei der Discounted Utility eine Verzögerung in einer subjektiven Abwertung mündet, sagt der Antizipationsansatz unter bestimmten Umständen einen Nutzenzugewinn durch Verzögerung voraus. Beide Ideen in ein Modell zu fassen, ist mit der Annahme zweier getrennter Systeme gelungen (Metcalf & Mischel, 1999). Dabei unterscheidet man zwischen einem sogenannten *Cool System* und einem *Hot System*. Das „heisse“ System ist emotionsgetrieben, impulsiv und reagiert auf Reize, weswegen es auch die Grundlage für Konditionierungsprozesse bildet. Aufgrund seiner Eigenschaften untergräbt das „heisse“ System die Bemühungen der Selbstkontrolle. Das „kalte“ System hingegen arbeitet eher kognitiv, abwägend, emotionsneutral, langsam, episodisch und strategisch. Nach Ansicht der Autoren ist dieses System gleichbedeutend mit dem Sitz der Selbstkontrolle und Selbstregulation. Entsprechend ermöglicht das „heisse“ System schnellere aber oberflächlichere, das „kalte“ System dagegen langsamere aber elaboriertere Entscheidungen. Welches System in welcher Situation zum Tragen kommt, hängt unter anderem vom situativen Stress ab, aber auch vom Entwicklungsniveau und nicht zuletzt von den persönlichen Fähigkeiten zur Selbstregulation.

Bezogen auf die beiden obengenannten Ansätze zur Vorhersage der Bewertung verzögerter Ereignisse heisst dies, dass eine Verzögerung für das „heisse“, emotionale System gegen den unmittelbaren Konsum spricht und damit keine unmittelbare Befriedigung bedeutet. Daher wird ein verzögerter Wert abgewertet. Wird hingegen mit dem „kalten“, kognitiven System bewertet, d.h. wird auch der Langzeitnutzen in die strategischen Überlegungen einbezogen und geht zusätzlich auch der Nutzen der Antizipation von Ereignissen in das Urteil ein, lässt sich der freiwillige Aufschub und damit der Nutzenzugewinn durch Verzögerung erklären (Read, 2003). Die verminderte Fähigkeit zum Belohnungsaufschub besonders bei Kindern lässt sich somit über die entwicklungsabhängige Ausprägung der „heissen“ und „kalten“ Systeme erklären. So sollte sich das „kalte“ kognitive System erst später als das „heisse“ emotionsgetriebene System entwickeln. Daher sollten erst im Laufe der Entwicklung Urteile und Entscheidungen auftreten, die stärker kognitionsbasiert und am Langzeitnutzen orientiert sind.



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Geldwerte, deren Erhalt oder Verlust verzögert ist, in ihrem subjektiven Wert vermindert werden. Diese Abwertung erfolgt hyperbolisch, mit über die Verzögerung kleiner werdenden Discount-Raten. Entgegen der Annahmen der Discounted Utility Theory (Samuelson, 1937) ist die Stärke der Abnahme jedoch von verschiedenen Faktoren abhängig. Die wenigen vorliegenden Studien, die das Abwertungsverhalten von Nicht-Geldwerten untersuchten, zeigten, dass die Discount-Raten zwar inhaltsabhängig, der generelle Verlauf der Discount-Funktion jedoch mit dem für Geldwerte vergleichbar war. Aus entwicklungspsychologischer Perspektive ergaben sich mit zunehmendem Alter geringere Discount-Raten.

#### **2.2.4 Schätzung von exponentiellem Mengenwachstum über die Zeit**

Im folgenden soll ein dritter Bereich vorgestellt werden, in dem die Zeit und insbesondere die Zeitrepräsentation einen Einfluss auf Beurteilungen haben kann. Dabei handelt es sich um die Schätzung von exponentiellem Mengenwachstum. Bevor auf die eher wenigen empirischen Befunde eingegangen wird, die zu dieser Thematik vorliegen, soll zunächst ein kurzer Exkurs zu mathematischen Intuitionen im allgemeinen sowie zum Verständnis des Funktionskonzeptes gemacht werden.

#### **Intuitive Mathematik**

Unter Intuition versteht man das “Erfahrungsdenken ... im Gegensatz zum logischen diskursiven Denken“ (Häcker & Stapf, 1998, S. 414) oder auch „the power of knowing or apprehending something directly, without thinking it through logically“ (*Wordsmyth Dictionary*, 2002). Deutlich wird in diesen Definitionen der Zusammenhang zwischen Intuitionen und Erfahrungen und zugleich die relative Unabhängigkeit vom logischen Denken. Im Bereich der Mathematik ist schon lange bekannt, dass Kinder unabhängig von der Schulbildung verschiedene mathematische Intuitionen entwickeln (vgl. Gelman & Gallistel, 1986). Im Vergleich zu Intuitionen in anderen Schulfächern zeichnet sich der Bereich der Mathematik jedoch durch Eigenschaften aus, die Intuitionen besonders schwierig werden lassen. Resnick (1987) hob zwei dieser Merkmale hervor. Zum einen erfordert die Mathematik abstrakte Formen und abstraktes Wissen. Allein schon das Konzept der Zahl stellt eine hohe Abstraktion dar, weil man es nicht unmittelbar darstellen kann. Zwar kann man als Beispiel für „3“ drei Punkte oder drei Striche zeichnen. Die Abstraktion daran ist aber, dass diese Menge „3“ für alle Objekte gelten kann und nicht auf Einzelfälle von „3“ beschränkt ist. Denkt man an an-

spruchsvollere mathematische Konzepte, wie Wurzelberechnungen oder die Integration von Funktionen, wird schnell deutlich, dass sich diese Konzepte durch eine, wenn überhaupt, geringe Anschaulichkeit auszeichnen. Als zweite Schwierigkeit der Mathematik gilt die Formalisierung und Symbolhaftigkeit. Bezüglich der formalen Darstellung mathematischer Inhalte gibt es keinen Spielraum. Vielmehr gelten strikte Regeln, wie beispielsweise Mengen zu bezeichnen sind oder welche Operationen zu welchen Zeichen gehören. Auch dies kann den intuitiven Umgang erschweren.

Trotz der beschriebenen Schwierigkeiten gelingt es Kindern, mathematische Intuitionen zu entwickeln. So können beispielsweise bereits Säuglinge unterschiedlich grosse Objektmengen voneinander unterscheiden (Lipton & Spelke, 2003; Xu & Spelke, 2000). Auch Intuitionen zur Eigenschaft der Additivität von Zahlen scheinen sich relativ früh und vielleicht sogar universell zu entwickeln (Resnick, 1987). Resnick beschreibt intuitives mathematisches Wissen als selbstevident und offensichtlich gegenüber der Person, die über die Intuitionen verfügt. Ausserdem sei auf intuitives Wissen leicht zugreifbar und es sei im Gedächtnis mit einer Vielzahl von spezifischen Situationen verknüpft. Weiterhin könnten Kinder auf Basis simpler Intuitionen auch komplexere mathematische Intuitionen entwickeln, wenn sie in der Schule mehr mathematisches Wissen erlangen. An diesem Punkt unterscheiden sich nach Resnicks Hypothese auch „gute“ von „schlechten“ Mathematikschülern. Während die „Guten“ versuchen, den formalen Regeln, die sie lernen, einen Sinn zu entlocken und diese Regeln mit ihrem intuitiven mathematischen Wissen in Verbindung zu bringen, werden die „schlechten“ Schüler die Regeln einfach nur auswendig lernen und sie genauso anwenden, wie es ihnen beigebracht wurde. Die kognitive Flexibilität bzw. das tiefere Verständnis wird sich allerdings auf diese Weise nicht entwickeln.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Kinder schon früh und unabhängig vom Schulwissen mathematische Intuitionen entwickeln können. Zum einen können diese Fähigkeiten angeboren sein oder aber sie werden aus den Erfahrungen der Kinder generiert. Im Verlauf der Schulzeit werden diese Intuitionen nicht notwendigerweise durch explizites Wissen ersetzt, sondern können sich parallel zum Wissenserwerb weiterentwickeln und an Komplexität zunehmen.

## **Untersuchungen zum generellen Verständnis für Funktionen**

Bereits Piaget (Piaget, J, Grize, Szeminska & Bang, 1968/1977) hat sich mit dem Konzept der Funktionen bei Kindern beschäftigt. Er definierte eine Funktion als

Paare von Elementen, die durch eine Regel miteinander verbunden sind (z.B. die Auswirkung der Stärke des Drucks auf die Verformung von Knetmasse). Daraus folgt, dass eine Funktion nicht notwendigerweise numerisch sein muss. Untersuchungen von Piaget und anderen Forschern (Case, Marini, McKeough, Dennis & Goldberg, 1986; Halford, 1982), wiesen nach, dass bereits fünf- bis sechsjährige Kinder derartige nicht-numerische funktionale Relationen lösen können. Allerdings waren diese Relationen stets linear bzw. bestanden aus 1:1-Beziehungen.

Thomas (1975, zit. nach Dreyfus, Artigue, Eisenberg, Tall & Wheeler, 1993) war einer der ersten, der sich mit der Entwicklung des mathematischen Funktionskonzeptes bei Schülern auseinandersetzte. Auf Basis seiner Interview- und Fragebogenstudien postulierte er eine dreistufige Entwicklung dieses Konzeptes. Zuerst würde eine Funktion als Prozedur einer Aufgabe angesehen werden, d.h. es existiert ein Wissen darüber, dass eine Funktion eine Transformation einer Grösse in eine andere bzw. die Relation zweier Grössen zueinander beschreibt. Der nächste Schritt wäre, dass eine spezifische Funktion in verschiedenen Settings (als mathematische Formel, Graph, Wertetabelle, verbale Beschreibung) als dieselbe identifiziert werden kann. Als letzte Stufe betrachtet Thomas, dass eine Funktion als transformierbares Objekt mit spezifischen Eigenschaften angesehen wird. Diese Stufe erfordert im Vergleich zu den vorangegangenen ein tiefergehendes strukturelles Wissen. In der Folge wurde eine Reihe weiterer Studien zum Funktionskonzept bei Schülern durchgeführt. Ein prägnantes Ergebnis war, dass Schüler häufig Schwierigkeiten haben, mathematische Funktionen, die dazugehörigen Graphen und Wertetabellen ineinander zu überführen. So zeigte sich in einer Untersuchung von Moschkovich, Schoenfeld und Arcavi (1993), dass selbst noch Elftklässler Probleme haben, zu einem linearen Graphen die entsprechende Funktion zu finden. Dugdale (1993) wies darauf hin, dass Schüler bei mathematischen Funktionen eher den dichotomen Zusammenhang zwischen x- und y-Variable betonten, statt den kontinuierlichen Zusammenhang der x- bzw. y-Verläufe zu beachten. Auch schienen die numerischen Eigenschaften die, für das tiefere Verständnis wichtigeren, funktionalen Zusammenhänge zu dominieren. Diese Schwächen können Gründe für das verhältnismässig schlecht ausgeprägte Verständnis für das Funktionskonzept bei Schülern sein.

Leinhardt, Zaslavsky und Stein (1990) beschrieben verschiedene Misskonzepte, die im Bereich des Funktionsverständnisses oft zu finden sind. So zeigten sich bei Schülern Schwierigkeiten bei der Frage, was eine Funktion und was keine Funktion ist. Häufig werden zu Funktionen spontan nur lineare und symmetrische Graphen gezählt. Wei-

terhin wird die Eindeutigkeit der Repräsentationen missverstanden, d.h. Schüler nehmen an, dass es zu einem x-Wert mehrere y-Werte geben kann, obgleich es nur umgekehrt korrekt wäre. Auch fällt die Unterscheidung zwischen kontinuierlichen und diskreten Graphen schwer, d.h. Schüler verbinden oft Punkte, die sie auf Basis inhaltlicher Überlegungen gar nicht verbinden dürften und umgekehrt. Ausserdem ist die Transformation von einer in eine andere Funktionsrepräsentation schwierig; dabei fällt die Generierung eines Graphen auf Grundlage einer Gleichung noch leichter als von einem Graphen auf die zugrundeliegende Funktionsgleichung zu schliessen (vgl. auch Markovits, Eylon & Bruckheimer, 1986). Schliesslich erweist sich auch die Interpretation von Graphen als schwierig. So kann es vorkommen, dass Funktionsgraphen als konkrete Wegrouten interpretiert werden oder dass der gleiche Graph, der nur anders skaliert ist, als inhaltlich anderer Graph gedeutet wird.

### **Schwierigkeiten bei der Schätzung von exponentiellen Verläufen**

Nicht-lineare Verläufe spielen in vielen wichtigen Bereichen des Lebens eine bedeutsame Rolle, sei es bei physikalischen Phänomenen, wie z.B. der Beschleunigung, im Finanzbereich bei der Verzinsung von Geld, bei geopolitischen Fragen, wie z.B. dem Wachstum der Weltbevölkerung, in der Biologie bei der Vermehrung von Bakterien oder dem Ausbreiten von Ansteckungskrankheiten usw. Dennoch konnten verschiedene Studien belegen, dass es Menschen offenbar schwerfällt, nicht-lineare Verläufe vorherzusagen. Die Folgen dieser unangemessenen Vorhersagen können Fehlkalkulationen und Fehlentscheidungen von erheblichem Ausmass sein. So hat der *Club of Rome* die Notwendigkeit betont, dass die Gesellschaft exponentielles Wachstum verstehen und richtig voraussagen können muss, weil sonst die Verwechslung von linearem und exponentiellem Wachstum desaströse soziale und ökologische Folgen haben würde (Meadows, Randers & Behrens, 1974, zit. nach Confrey, 1994). Auch Confrey schliesst sich dieser Forderung an, indem er formulierte: „Exponential functions, scientific notation, and logarithmic scales are all tools for understanding key cultural ideas. They allow us to transcend the brevity of our personal existence and view ourselves within a larger framework of space and time” (p. 296).

Die Notwendigkeit, exponentielle Verläufe adäquat vorherzusagen, bildet also den eher anwendungsbezogenen Aspekt der Forschung zu diesem Thema. Es gibt jedoch einen weiteren Punkt, der diese Fähigkeit interessant und wichtig macht. Geht man davon aus, dass es zwei kognitive Konzepte gibt, nämlich ein Linearitätskonzept und

ein Exponentialitätskonzept, wird schnell deutlich, dass es sich um qualitativ unterschiedliche Phänomene handelt. Die Linearität ist gekennzeichnet durch eine serielle, gleichabständige Struktur, der vor allem die wiederholte Addition und Subtraktion zugrunde liegen. Sie findet sich neben dem einfachen Zählen in der Mathematik auch in geometrischen Problemen oder dem Zusammenhang zwischen zwei oder mehr Variablen. Aber auch ausserhalb der Mathematik gibt es lineare Konzepte. Erwähnt seien hier nur das Alphabet, die Musiknoten oder Zeiteinheiten, wie Wochentage oder Monate. Die Exponentialität unterscheidet sich von der Linearität grundlegend. Sie ist gekennzeichnet durch wachsende oder abnehmende Veränderungsraten, weswegen hier eher die wiederholte Multiplikation und Division die Grundlage bilden (Confrey & Smith, 1995). Dem Prinzip der Exponentialität folgen weniger durch den Menschen geschaffene kulturelle Phänomene, als vielmehr physikalische und biologische Gegebenheiten bzw. mathematische und geometrische Konstruktionen. Damit ist die Exponentialität im Alltag weniger anschaulich, sondern muss als solche erkannt werden. Aufgrund dieser postulierten Unterschiede zwischen dem linearen und dem exponentiellen Konzept kann man schliessen, dass beide Konzepte unterschiedliche Denkprozesse erfordern. Dabei kann man annehmen, dass die Exponentialität das anspruchsvollere, weil abstraktere Konzept ist. Geht man von unterschiedlichen Denkprozessen und Abstraktionsgraden aus, wird klar, dass es daher auch aus Sicht der Grundlagenforschung interessant ist, beide Konzepte sowie deren Entwicklung zu untersuchen.

Im folgenden werden empirische Studien vorgestellt, die sich mit dieser Thematik beschäftigten. So konnten bereits Wagenaar und Kollegen (Timmers & Wagenaar, 1977; Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979) nachweisen, dass exponentielles Wachstum, das sowohl numerisch als auch graphisch dargeboten wurde, von erwachsenen Probanden stark unterschätzt wurde. Nur 25% der Probanden machten auf Basis von fünf hypothetischen, exponentiell verlaufenden Datenpunkten aus fünf aufeinanderfolgenden Jahren normative Voraussagen über den Entwicklungsstand nach weiteren fünf Jahren. Dabei tendierten die Probanden zwar dazu, exponentiell zu extrapolieren, allerdings war der Exponent, den sie zugrunde legten, zu klein. Ein bemerkenswertes Ergebnis war ausserdem, dass die exponentielle Abnahme besser vorhergesagt werden konnte als das exponentielle Wachstum. Bei näherer Betrachtung der Stimuli ist dieser Effekt vermutlich auf ebendiese zurückzuführen, weil die abnehmenden Reize durch die natürliche Grenze von null beschränkt waren und die normative Vorhersage die Zahl drei hätte sein müssen. Man könnte also annehmen, dass einerseits die

natürliche Grenze eine Art Deckeneffekt darstellt. Zum anderen wäre plausibel, anzunehmen, dass es einfacher ist, mathematische Operationen mit kleinen als mit grossen Zahlen durchzuführen. So sollte beispielsweise die Halbierung von 148 einfacher sein als die Verdopplung von 22026. Daraus könnte auch eine höhere Treffsicherheit beim absteigenden Wachstum resultieren. Die Studie von Wagenaar und Timmers (1979) erweiterte die Ergebnisse derart, dass die Unterschätzung exponentiellen Wachstums auch bei nicht-numerischen bzw. nicht unmittelbar zählbaren Mengenrepräsentationen auftrat. Dazu präsentierten sie ihren Probanden eine quadratische Fläche, die einen See darstellen sollte. Kleine Quadrate sollten Pflanzen imitieren, die sich pro Zeiteinheit verdoppelten. Nach der Demonstration des Beginns des Wachstums sollten die Probanden einschätzen, wie viel Zeit noch benötigt würde, bis der „See“ zugewachsen wäre. Dabei überschätzten die Probanden die Dauer und unterschätzten damit das Wachstum. Wagenaar und Timmers postulierten diesbezüglich, dass weder mathematische Fähigkeiten noch Erfahrung mit Wachstumsprozessen dieses Phänomen beeinflussen würden. Keren (1983) konnte zeigen, dass die Erfahrung doch eine Rolle spielt. Hierfür betrachtete er die Fähigkeit, exponentielles Wachstum zu schätzen, im Kulturvergleich. Als Stichproben dienten ihm kanadische und israelische Studierende. Abgesehen von der bereits bekannten Unterschätzung ergaben sich auch Kulturunterschiede. So war die Unterschätzung bei den israelischen Probanden geringer als bei den kanadischen. Keren erklärt diesen Effekt über die Erfahrung mit exponentiellen Verläufen. So gab es zu dieser Zeit in Israel eine starke Inflation von 100% bis 150% innerhalb von drei Jahren, in Kanada betrug sie im gleichen Zeitraum nur 10% bis 15%. Auf diese Erfahrung sei nach Meinung des Autors die bessere Schätzleistung der Israelis zurückzuführen. Eine neuere Studie von Mullet und Cheminat (1995) untersuchte die Fähigkeit zur Schätzung exponentieller Funktionen bei Schülern der Highschool im Alter von 15 bis 18 Jahren. Den Probanden wurden verschiedene Potenzfunktionen vorgegeben, wobei Basis und Exponent im Sinne funktionalen Messens variiert wurden. Die Schüler sollten die resultierenden Grössen schätzen. Dabei ergab sich, dass mehr als die Hälfte der 35 Probanden Basis und Zähler bezogen auf ihre Schätzungen additiv verknüpften. 14 Probanden verknüpften Basis und Zähler multiplikativ und nur zwei Personen gelang tatsächlich die Schätzung gemäss der exponentiellen Funktion.

Die obigen Ergebnisse zusammenfassend, kann man also sagen, dass Jugendliche und Erwachsene deutliche Schwierigkeiten bei der Schätzung exponentiellen Wachstums haben und die Wachstumsmenge bedeutsam unterschätzen.

Welche Befunde existieren nun aber hinsichtlich der Entwicklung des Verständnisses für exponentielle Funktionen? Um es vorwegzunehmen, sei bereits an dieser Stelle gesagt, dass es kaum experimentelle Studien gibt, die sich mit dieser Frage unter Entwicklungsaspekten beschäftigt haben. Eine der wenigen Ausnahmen stellt Suarez (1977) dar. Er gab Schülern physikalische Probleme vor, deren Lösung die Anwendung quadratischer Funktionen erforderte. Als Paradigmen dienten ihm die Beschleunigung auf der schiefen Ebene und Schwingungszeiten von Pendeln verschiedener Länge. Beim Beschleunigungsparadigma wurde vorgeführt, dass die Zeit, die eine Kugel für einen bestimmten Weg auf der schiefen Ebene benötigte, nicht linear mit der Weglänge zunahm. Die Schüler hatten die Aufgabe, weitere zeitliche Vorhersagen zu machen und das Phänomen zu erklären. Als Resultat ergab sich, dass Schüler der 5. und 6. Klasse sowie der 7. Klasse (Realschule) in hohem Masse dazu tendierten, Antworten im Sinne des Linearitätsprinzips zu geben. Erst ab der 9. Klasse (Gymnasium) gab die Mehrheit der Schüler korrekt das exponentielle Prinzip der Beschleunigung an. Bei der Aufgabe mit den Pendelschwingungen wurden die Länge verschiedener Pendel sowie die Zeitdauer vorgegeben, die jedes Pendel für insgesamt neun Schwingungen braucht. Wiederum mussten Schüler der 7. Klasse (hier Sekundarschule bzw. Gymnasium) und der 9. Klasse (Gymnasium) Vorhersagen machen für die Länge anderer Pendel unter Vorgabe der Schwingungszeit. Auch in dieser Studie zeigte sich, dass noch viele Schüler ihren Überlegungen das Linearitätsprinzip zugrunde legten. Die Mehrheit der Siebtklässler löste die Aufgaben nicht korrekt. Und selbst bei den Neuntklässlern konnten nur 46% das korrekte Ergebnis produzieren. Seine Resultate zusammenfassend betonte Suarez, dass viele Schüler das Linearitätsprinzip benutzten, was wiederum Ausdruck sei für „die wichtige Rolle, die dieses Prinzip in der Denkart von Schülern zwischen 10 und 14 Altersjahren spielt“. Ausserdem seien nur „ganz wenige Schüler im 14. Altersjahr imstande ..., exponentielle Zusammenhänge allgemeiner Art spontan zu erfassen“ (S. 111).

Markovits, Eylon und Bruckheimer (1986) wiesen sogar noch bei Neuntklässlern die Tendenz zur Linearität nach. So liessen sie die Schüler Graphen von Funktionen zeichnen, indem sie Punkte in einem Koordinatensystem, die nicht auf einer Geraden lagen, verbinden sollten. Dabei zeigte sich, dass die Mehrheit der Schüler lineare Graphen zeichnete und die Möglichkeit nicht-linearer Graphen nicht in Betracht zog.

Wie liesse sich nun die Fähigkeit zur Vorhersage exponentieller Verläufe verbessern? Dieser Frage sind Mackinnon und Waering (1991) nachgegangen. Sie liessen Probanden zukünftige Werte von vier verschiedenen, sich exponentiell entwickel-

den Serien schätzen. Diese Serien umfassten exponentielles Wachstum sowie exponentielle Abnahme und asymptotisches Wachstum sowie asymptotische Abnahme. Variiert wurde ausserdem die Rückmeldung über die Schätzgenauigkeit, die entweder gar nicht, direkt nach der Schätzung oder um eine Schätzung verzögert gegeben wurde. Als Resultat zeigte sich, dass sich die Schätzgenauigkeit kaum zwischen den verschiedenen Verläufen unterschied. Zum anderen erhöhte das Feedback die Genauigkeit und führte in einzelnen Fällen sogar zu einer Überschätzung der Wachstumsrate. War das Feedback jedoch verzögert, bezog es sich also auf die vorvorherige Schätzung, war die Genauigkeit geringer.

Zwei Erklärungsansätze wurden für die Unterschätzung des exponentiellen Wachstums aufgestellt. So nahmen Wagenaar und Kollegen (Timmers & Wagenaar, 1977; Wagenaar & Sagaria, 1975) an, dass die Unterschätzung einem etwas aufwändigen Prozess folgt. So sollten die Probanden ihre Schätzungen zwar an exponentiellen Verläufen orientieren, dabei allerdings den Exponenten der Potenzfunktion um einen bestimmten Faktor unterschätzen. Da ihnen diese Unterschätzung aber mehr oder weniger bewusst wird, versuchen sie, diese durch Multiplikation eines weiteren, jedoch unzureichenden Faktors zu korrigieren. Da dieser weitere Faktor unabhängig von der Wachstumsrate ist, bleibt die Schätzung dennoch unter der Norm. Einen etwas einfacheren Erklärungsansatz schlug Jones (1979) vor. Entsprechend seines *Generalized Polynomial Model* nehmen Personen exponentielle Verläufe entsprechend der einfachsten polynomialen Funktion wahr, was im Fall monoton ansteigender Verläufe die quadratische Funktion wäre. Ihren Schätzungen über das weitere Wachstum dieser exponentiellen Verläufe legen sie dementsprechend eine quadratische Funktion zu Grunde, was zur Unterschätzung von Potenzfunktionen mit einem Exponenten, der grösser als zwei ist, sowie zur Unterschätzung exponentieller Funktionen führt. Leider lässt sich mit diesem Modell nicht die Unterschätzung quadratischer Verläufe erklären. Daher wird in Kapitel 6 noch ein weiterer Erklärungsansatz entwickelt und vorgestellt.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass Erwachsene dazu neigen, exponentielles Wachstum zu unterschätzen bzw. dessen Wachstumsdauer zu überschätzen. Entsprechend weisen auch Schüler beim Umgang mit exponentiellen Funktionen grosse Schwierigkeiten auf, welche sich zwar mit zunehmendem Alter reduzieren, aber bis ins Erwachsenenalter existent bleiben. Diese Schwierigkeiten können unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass besonders bei jüngeren Schülern ein sogenanntes Linearitätsprinzip vorherrscht, das die Lösung exponentieller Probleme in lineare Richtung



verzerrt und somit zu Unterschätzungen führt. Hinsichtlich exponentieller Funktionen mit Exponenten grösser als zwei könnte auch die Übergeneralisierung der exponentiellen Funktion zur Unterschätzung führen.

### **Theoretische Überlegungen zum Verständnis exponentieller Funktionen**

Auch Confrey und Smith (1995) gehen von der Existenz eines Linearitätsprinzips im kindlichen Denken aus, das durch die sogenannte *Counting World* des Schulunterrichts noch forciert und dadurch übergeneralisiert werde. Dabei findet sich die lineare Abfolge von Elementen nicht nur im Bereich der Zahlen. Auch Buchstaben oder Noten werden seriell gelernt. Dass diese serielle Wissensrepräsentation offenbar bei jüngeren Kindern die dominante ist, hat Friedman (1989) im Bereich des Wissens über Zeit nachweisen können. So lernen die Kinder z.B. die Wochentage zuerst entsprechend ihrer Reihenfolge. Werden sie dann gefragt, wie viele Tage der Freitag vom Dienstag entfernt ist, müssen die Kinder die gesamte Serie der Wochentage ab Montag bis Freitag aktivieren und abzählen. Erst ab Beginn der Adoleszenz entwickelt sich eine Zeitrepräsentation, die auch die relativen Distanzen von Zeitelementen abbildet, was die Grundlage für relationale Schlussfolgerungen bildet (vgl. Kapitel 6.1.2). Ähnlich kann man sich das Linearitätsprinzip vorstellen, bei dem ebenfalls Zahlen oder Mengen seriell repräsentiert werden. Es wäre sogar zu überlegen, ob diese Art der seriellen Repräsentation nicht bei vielen Wissensinhalten eine frühe Entwicklungsstufe darstellt, die dann später durch komplexere Repräsentationen abgelöst wird, welche auch mehr bzw. effektivere Problemlösestrategien zulassen.

Confrey und Kollegen (Confrey, 1994; Confrey & Smith, 1994, 1995) suchten auf eher theoretischer Ebene, welche Fähigkeiten dem Verständnis exponentieller Zusammenhänge zugrunde liegen müssten. Lange Zeit wurde angenommen, dass der Grundgedanke der Multiplikation die wiederholte Addition sei ( $3 \times 2 = 2 + 2 + 2$ ). Bezogen auf exponentielle Verläufe passt diese Idee jedoch nicht gut, weil exponentielle Zusammenhänge wiederum auf wiederholter Multiplikation beruhen ( $2^3 = 2 \times 2 \times 2$ ). Also schlugen Confrey et al. das *Splitting* als Hauptprinzip vor, das dem Verständnis exponentieller Zusammenhänge vorausgehen soll. Splitting wird definiert als „an action of creating simultaneously multiple versions of an original, an action often represented by a tree diagram“ (Confrey, 1994, S. 292). Splitting beinhaltet die wiederholte Teilung von Einheiten, d.h. aus eins wird zwei, aus zwei wird vier etc. Die Abgrenzung zum wiederholten Addieren sieht Confrey darin, dass Splitting auf einer *one-to-many*-

Relation beruht, d.h. ein Element einer Kategorie bildet mit einer bestimmten Anzahl von Elementen einer anderen Kategorie ein festes Verhältnis. Wiederholtes Addieren hingegen bedeutet lediglich, eine Einheit zu identifizieren und fortlaufend Ausprägungen dieser Einheit aufzuaddieren. Auch betont der Autor den Bezug zu geometrischen Repräsentationen, sogenannten *Embedded Figures*. Wenn man beispielsweise die Seitenlängen eines gleichschenkligen Dreiecks halbiert und die so entstandenen Punkte wiederum verbindet, so zeichnet man ein kleines Dreieck im grossen. Es ähnelt dem grossen Dreieck, umfasst aber nur noch ein Viertel seiner Fläche. Anders gesagt erhielte man vier Dreiecke, die die Form, aber nicht die Grösse des Ursprungsdreiecks hätten. Fährt man so fort, würde man immer weitere Dreiecke erhalten, die die Form des Ursprungsdreiecks haben, aber deren Grösse mit jedem neuen Verkleinerungsschritt um drei Viertel abnimmt bzw. deren Anzahl entsprechend zunimmt. Ein anderes Beispiel für Splitting im geometrischen Bereich ist das wiederholte Falten von ebenen Objekten, wie einem dreieckigen Blatt Papier, wobei sich mit jeder Faltung die Anzahl der übereinanderliegenden Schichten verdoppelt. Splitting kann also über Ähnlichkeit, Symmetrie und Kongruenz konstruiert werden. Ein Beispiel für Splitting aus dem Alltag bereits von jungen Kindern ist das Teilen. Dabei geht es darum, Subsets von gleich grossen Gruppen zu bilden (z.B. wenn man neun Bonbons zwischen drei Kindern aufteilt). Das Splitting ist dabei umso ausgeprägter, je mehr Sequenzen es gibt (wenn z.B. im obigen Beispiel die drei Kinder wiederum ihre Bonbons zwischen drei weiteren Kindern aufteilen müssten). Auch wiederholtes Halbieren oder Verdoppeln gehört zu den Praktiken, die mit Splitting und damit mit exponentiellen Verläufen assoziiert sind (Confrey & Smith, 1995).

Den Zusammenhang zwischen dem Zählen (Counting World) und dem Splitten (Splitting World) betrachten Confrey und Smith (1995) als Basis für die Konstruktion exponentieller Funktionen. So sei bereits seit Aristoteles bekannt, dass, wenn man eine arithmetische und eine geometrische Sequenz gegenüberstellt, die Addition in der Arithmetik (z.B. „+24 Stunden“) mit der Multiplikation in der Geometrie korrespondiert (z.B. „Verdopplung der Menge“). Diese Gegenüberstellung führte unter anderem zur Konstruktion logarithmischer Tabellen und kann als Grundlage für exponentielle Verläufe betrachtet werden.

Confrey und Smith (1994) unterschieden drei suboptimale Ansätze, nach denen Schüler häufig nach der Lösung für exponentielle Problemstellungen suchen und welche damit auch drei unterschiedliche Arten des (Miss-)Verständnisses von exponentiell-

len Veränderungen darstellen. Man kann Schülern beispielsweise eine Wertetabelle mit einer sich linear entwickelnden Spalte für die Wachstumszeit und einer sich exponentiell entwickelnden Spalte für ein Mengenwachstum vorgeben. Die Schüler sollen auf Basis dieser Informationen eine Vorhersage der Menge zu weiteren Zeiten treffen. Ein häufiger Lösungsansatz ist der der „additiven Veränderungsrate“. Dazu berechnen die Schüler die Differenzen zwischen den Mengen, die zu den einzelnen Zeitpunkten existieren. Allerdings entwickeln sich diese Differenzen nicht linear, wie sie es vielleicht vorher aus der Counting World kannten, sondern exponentiell. An dieser Stelle könnten die Schüler entdecken, dass die zugrundeliegende Funktion eine nicht-lineare sein muss, weil die Änderungsrate nicht konstant bleibt, sondern wächst. Ein anderer Ansatz ist der der „multiplikativen Änderungsrate“. Beim Vergleich der Mengen zu den verschiedenen Zeitpunkten versuchen Schüler zum Teil auch, einen konstanten Faktor zu entdecken, der das Wachstum über die Zeit beschreibt (z.B. „mal 9“). Im Falle quadratischer Funktionen ist diese Strategie erfolgreich, bei Potenzfunktionen mit einem Exponenten größer zwei bzw. bei Exponentialfunktionen scheitert diese Strategie, weil sich kein konstanter Faktor extrahieren lässt (z.B.  $y = x^3 \rightarrow 1^3 = 1; 2^3 = 8; 3^3 = 27$  etc.). Der letzte Lösungsansatz wird von den Autoren als „Änderungsrate als Proportion von neu zu alt“ bezeichnet. Dabei wird betrachtet, was der aktuelle Wert ist und welches Vielfache dieses Wertes ihm aufaddiert werden muss, um den nächstfolgenden Wert zu erreichen. Diese Strategie stellt eine Zwischenform der vorangehenden dar und ist ebenfalls nur erfolgversprechend bei exponentiellen Funktionen.

Leider haben Confrey und Kollegen keine experimentellen Arbeiten durchgeführt, um den Splitting-Ansatz zu prüfen. Sie formulierten auf Basis ihrer theoretischen Überlegungen lediglich Hypothesen, aus denen sie Schlussfolgerungen für den Mathematikunterricht zogen. So empfahlen sie, das Konzept des Splitting schon relativ früh in der Schule einzuführen und zu trainieren, um ein nachfolgendes Verständnis für Multiplikation, Division, Verhältnisse und Proportionen zu erleichtern. Weiter empfahlen sie die Nutzung geometrischer Figuren als Anschauungsmaterial für das Splitting und warnten davor, dass sich früh entwickelnde Intuitionen für das Splitting durch den Schulunterricht ignoriert oder gar gehemmt würden.

## **Multiplikation und Division als Grundlage für das Verständnis für exponentielle Funktionen**

Nunes und Bryant (1996) beschrieben, bezogen auf den Erwerb der Konzepte von Multiplikation und Division, drei Arten multiplikativer Phänomene, mit denen bereits Kinder im Alltag konfrontiert sind. Ein Phänomen ist die bereits erwähnte one-to-many-Korrespondenz, die sich auf die Relation zweier Sets zueinander bezieht. So ist z.B. die Relation von einem Auto zur Anzahl seiner Räder konstant. Will man nun die Anzahl der Räder von mehreren Autos ermitteln, müssen Auto sowie die vier Räder mit dem gleichen Faktor multipliziert werden (z.B. 3 Autos =  $3 \times 4$  Räder). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Kinder schon früher mit solchen multiplikativen Relationen umgehen können, als sie tatsächlich multiplikative Aufgaben lösen können (Frydman & Bryant, 1988, 1994; Piaget, J., 1965; Steffe, 1994). So haben beispielsweise Frydman und Bryant vier bis fünf Jahre alten Kindern die Aufgabe gestellt, Süßigkeiten zwischen zwei Puppen aufzuteilen. Siebzig Prozent der Fünfjährigen konnten diese Aufgabe auch dann richtig lösen, wenn der einen Puppe doppelte Einheiten (zwei Bonbons auf einmal) und der anderen Puppe einfache Einheiten (je ein Bonbon) gegeben werden sollten. Sie haben offenbar verstanden, dass eine doppelte Einheit für die eine Puppe zwei einfachen Einheiten der anderen Puppe entspricht.

Ein weiteres multiplikatives Phänomen ist die bereits erwähnte Kovariation, d.h. die Werte zweier Variablen hängen voneinander ab, wie beispielsweise der Preis und das Gewicht von Lebensmitteln. Wenn also ein Kilo Äpfel 5 CHF kostet, kostet ein halbes Kilo die Hälfte, nämlich 2.50 CHF. Prominente Untersuchungsbereiche der Kovariation lassen sich bei Balkenwaagen-Experimenten finden (Jansen & van der Maas, 2002), bei denen der Abstand vom Mittelpunkt und das Gewicht hinsichtlich der Balance zu integrieren sind, sowie in der Wahrscheinlichkeitsforschung, in der es unter anderem um die Integration von Werten und Wahrscheinlichkeiten zu einem Erwartungswert geht (Schlottmann, 2001; Schlottmann & Anderson, 1994).

Schliesslich soll als multiplikatives Phänomen noch das Teilen erwähnt werden, bei dem ein Ganzes in einzelne Anteile aufgeteilt wird. Sollen z.B. 15 Bonbons unter drei Kindern aufgeteilt werden, birgt die Lösung die Umkehrung der Multiplikation. Der Unterschied zur one-to-many-Korrespondenz ist, dass hier die Anzahl der Teilungen invers mit der Grösse der Teile zusammenhängt. Bei der one-to-many-Korrespondenz hingegen geht es um eine Vervielfachung.

Die Forschungsergebnisse zum Umgang von Kindern mit den verschiedenen multiplikativen Phänomenen zusammenfassend, lässt sich festhalten, dass Kinder durchaus schon in der Lage sind, multiplikative Probleme intuitiv zu lösen. Allerdings hängt die Leistung stark von der Problemdarstellung ab, wobei bestimmte Paradigmen eher geeignet sind als andere. Zum anderen werden besonders dann gute Leistungen gezeigt, wenn die Probleme eine grosse Nähe zur Alltagserfahrung der Kinder haben. Ein prägnanter Beleg für diesen Zusammenhang liefert die Studie von Nunes, Schliemann und Carraher (1993) über *Street Mathematics*. Hierbei untersuchten die Autoren Kinder in Brasilien, die auf der Strasse Obst und andere Dinge verkauften. Obgleich diese Kinder nie eine Schule besucht hatten, konnten sie die Kovariation zwischen Menge und Preis richtig anwenden und für jede Menge den entsprechenden Preis berechnen. Schriftlich konnten sie die gleichen Rechenaufgaben nicht lösen.

Da Kinder gerade im Bereich der one-to-many-Korrespondenz schon etwa ab dem fünften Lebensjahr gute Problemlösefähigkeiten zeigen, ist die Leistung bei multiplikativen Aufgaben dann besser, wenn die Aufgaben eine grosse Nähe zu one-to-many-Strukturen aufweisen.

Dass aber selbst Erwachsene Misskonzepte bezüglich der Multiplikation und Division aufweisen, haben Tirosh und Graeber (1994) zeigen können. Diese Misskonzepte, die sie im übrigen bei Lehramtsstudierenden ausfindig gemacht haben, basieren auf inkorrekten impliziten Modellen. Immerhin 15% der Probanden bestätigten die Aussage, dass ein Produkt stets grösser sei als jeder der beiden Faktoren. Umgekehrt meinten 55% der Probanden, dass eine Division stets zu einem Quotienten führt, der kleiner ist als der Dividend. Greer (1994) hat dieses Misskonzept als *Multiplication Makes Bigger, Division Makes Smaller* (MMBDMS) bezeichnet. Diesem Misskonzept zum Trotz waren die Probanden von Tirosh und Graeber in der Lage, konkrete Multiplikations- und Divisionsprobleme korrekt zu lösen. Das heisst, dass neben den Misskonzepten dennoch ein korrektes prozedurales Wissen bestehen kann. Dabei ist anzunehmen, dass Kinder, die noch nicht über dieses prozedurale Wissen verfügen, sich bei der Lösung entsprechender Aufgaben stärker auf ihre Misskonzepte verlassen.

## 2.3 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln ist deutlich geworden, dass der Mensch sich entgegen der Annahmen ökonomischer Modelle häufig irrational verhält. Das heisst, er urteilt und entscheidet sich nicht immer so, dass er seinen eigenen Nutzen maximiert.

Vielmehr lässt er sich durch eine Reihe von Faktoren beeinflussen, die bei einem rationalen Vorgehen zu ignorieren wären (vgl. Kapitel 2.1.7). So bezieht er momentane und zukünftige Gefühle in seine Entscheidungen ein, lässt sich von internen Faktoren, wie der fehlenden Selbstkontrolle, Motiven, Persönlichkeitseigenschaften und kognitiven Variablen leiten. Er berücksichtigt zum Teil auch das Wohl anderer Personen in seinen Entscheidungen, was zur Folge haben kann, dass er seinen Nutzen teilen muss. Und er lässt sich durch den Faktor Zeit bzw. durch die Art ihrer Repräsentation zu suboptimalen Entscheidungen verleiten. So konnte gezeigt werden, dass eine Zeitverzögerung zwischen einer Entscheidung und dem Feedback über deren Erfolg dazu führen kann, dass die Riskantheit als geringer eingeschätzt wird im Vergleich zu einem sofortigen Feedback (vgl. Kapitel 2.2.2). Oder aber die Verzögerung des Eintretens eines Ereignisses kann zur Folge haben, dass dieses Ereignis subjektiv an Wert verliert (vgl. Kapitel 2.2.3). Das heisst, im rationalen Sinn irrelevante Zeitinformationen beeinflussen Urteile und Entscheidungen von Personen, auch, wenn objektiv gesehen, das erwähnte Risiko bzw. der Wert eines Ereignisses konstant bleibt. Damit beruhen die genannten Verhaltensveränderungen lediglich auf dem Faktor Zeit, mit dem fälschlicherweise eine Wertänderung verbunden wird. Ein weiteres Feld, bei dem die Repräsentation der Zeit zu verzerrten Beurteilungen führen kann, ist die Schätzung des exponentiellen Wachstums (vgl. Kapitel 2.2.4). Wie gezeigt wurde, tendieren Personen dazu, exponentielles Wachstum stark zu unterschätzen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Personen die Zeit intern nicht als lineare Abfolge repräsentieren. Das heisst, es kommt zu kürzeren Repräsentationen, je weiter entfernt die Zeitintervalle liegen. Eine kürzere Repräsentation könnte zur Folge haben, dass auch weniger Wachstum angenommen wird, was in einer Unterschätzung des Wachstums mündet. Bezogen auf das Riskantheitsurteil könnte man schliessen, dass in kürzeren Intervallen auch das Auftreten von Verlusten verringert ist, was zu einer Unterschätzung der Riskantheit führt. Dieser Erklärungsansatz der nicht-linearen Zeitrepräsentation ist in Kapitel 6.2 näher ausgeführt. Wichtig ist, dass sowohl die Zeit an sich als auch ihre Repräsentation zu objektiv nicht korrekten Urteilen und Entscheidungen führen können, womit der individuelle Nutzen nicht maximiert wird und man daher von irrationalem Verhalten sprechen kann.

In den folgenden Kapiteln werden eigene empirische Arbeiten vorgestellt, die den Einfluss der Zeit bzw. deren Repräsentation auf Urteile und Entscheidungen näher beleuchten sollen. Ein weiterer bedeutsamer Aspekt der folgenden Experimente ist die entwicklungspsychologische Perspektive, da angenommen werden kann, dass Personen

unterschiedlichen Alters aufgrund ihres Wissens und ihrer Erfahrungen anders mit Zeit umgehen. Dies kann dazu führen, dass die Zeit auch in unterschiedlicher Weise deren Urteile und Entscheidungen beeinflusst.

### **3 Experiment 1: Der Einfluss des Zeithorizontes auf Riskantheitsbeurteilung und Investitionsverhalten**

#### **3.1 Fragestellung**

Wie in Kapitel 2.2.2 bereits beschrieben wurde, gibt es theoretische wie empirische Hinweise darauf, dass Erwachsene bei einem langen Zeitraum zwischen einer Entscheidung unter Unsicherheit und der Rückmeldung über den Erfolg dieser Entscheidung dazu neigen, das Risiko zu unterschätzen bzw. sich risikotoleranter zu verhalten (Anderson & Settle, 1996; Gilovich, Kerr & Medvec, 1993; Jaggia & Thosar, 2000; Sagristano, Trope & Liberman, 2002; Schooley & Worden, 1999; Siebenmorgen & Weber, 2000). Allerdings basierten die bisherigen Untersuchungen auf den Daten von Erwachsenen. Das heisst, es gibt es keine Befunde dazu, inwieweit dieser Effekt auch bei jüngeren Altersgruppen auftritt und ob es vielleicht einen Entwicklungsverlauf gibt. Daher war es das Ziel in Experiment 1, zu untersuchen, ob auch bei Kindern eine Verlängerung der Zeit zwischen einer Entscheidung bis zum Erfolgsfeedback zu einer erhöhten Risikotoleranz führt. Da ein Grossteil der Befunde der Erwachsenen aus dem Aktienmarkt stammt, sollte dieses Phänomen bei Kindern ebenfalls für Finanzsituationen überprüft werden. Da Kinder allerdings im allgemeinen nicht auf die gleiche Weise wie Erwachsene Geld investieren, wurde nach Settings gesucht, die mit Investitionssituationen vergleichbar waren, die den Kindern allerdings vertrauter als der Aktienmarkt sein sollten. Diese werden ausführlicher im Methodenteil beschrieben.

Bezüglich der Untersuchungsstruktur ist anzumerken, dass Experiment 1 aus zwei Teilen bestand, die die Kinder in zufälliger Reihenfolge durchliefen. Für den einen Teil wurde ein Glücksrad-Paradigma benutzt, für den anderen ein Geldleih-Paradigma. Das Glücksrad-Paradigma ähnelt den typischerweise in der Entscheidungsforschung eingesetzten Paradigmen und zeichnet sich durch die explizite Beschreibung von Gewinn- und Verlusthöhe sowie deren Eintretenswahrscheinlichkeiten aus. Das Geldleih-Paradigma dagegen ist in den Kontext einer kurzen Geschichte eingebaut, was es zwar anschaulicher macht, aber auch die Explizitheit einschränkt. Im folgenden werden beide Teile getrennt voneinander vorgestellt, die Diskussion bezieht jedoch die Ergebnisse beider Teile mit ein.



## **Teil A: Geldleih-Paradigma**

### **3.2 Methode**

#### **3.2.1 Stichprobe**

Das Geldleih-Paradigma wurden mit 73 Schülerinnen und Schülern der sechsten Klasse aus verschiedenen Schulen der Stadt Zürich durchgeführt. Davon waren 36 männlich und 37 weiblich. Die Probanden waren im Durchschnitt 12;7 Jahre alt. Die Teilnahme war freiwillig und erfolgte mit Einwilligung der Eltern und Lehrer.

#### **3.2.2 Versuchsdesign**

In Teil A wurden das Verlustrisiko und die Zeitdauer, bis die Kinder eine Rückmeldung über den Erfolg oder Misserfolg des Vorhabens einer anderen Person erhalten würden, als Within-Faktoren jeweils zweistufig variiert. Das Risiko wurde operationalisiert als der Bereich, in dem das mögliche Ergebnis einer Investition schwanken konnte sowie als die Wahrscheinlichkeit dieser Schwankung. Ein geringes Risiko bedeutete hier, dass man mit hoher Wahrscheinlichkeit eine kleine Menge Geldes gewinnen könnte. Ein hohes Risiko hingegen war durch die Möglichkeit definiert, entweder sehr viel zu gewinnen oder sehr viel zu verlieren. Die Rückmeldung über den Investitionserfolg konnte entweder bald oder aber stark verzögert passieren. Somit ergab sich ein 2 x 2-Design mit dreifacher Messwiederholung, da zugunsten der Reliabilität der Daten drei verschiedene Investitionssituationen benutzt wurden.

Als abhängige Variablen dienten die Beurteilung der Riskantheit der Investitionssituationen und das Investitionsverhalten der Kinder. Da zu erwarten war, dass nicht alle Kinder den Begriff „Risiko“ richtig verstanden, wurde das Riskantheitsurteil mit folgender Frage erfasst: „Was denkst Du, passiert mit Deinem Geld?“. Die Antwort konnte durch Ankreuzen auf einer neunstufigen Skala gegeben werden, die von „gewinne sicher“ bis zu „verliere sicher“ reichte. Das Investitionsverhalten wurde mit der Frage erhoben: „Stell Dir vor, Du hättest 100 CHF zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du der Person leihen?“ und war ebenfalls durch Ankreuzen auf einer elfstufigen Skala mit den Endpunkten „0 CHF“ und „100 CHF“ anzugeben.

### **3.2.3 Versuchsmaterial**

Da Kinder im allgemeinen, wie bereits erwähnt, nicht in Aktien oder ähnliche Vorhaben investieren, wurde versucht, anschaulichere Risikosituationen zu finden, die den Investitionssituationen am Aktienmarkt aber strukturell ähneln. Vereinfacht könnte man hierbei eine Investition als riskante Geldanlage definieren, von der man sich Gewinn erhofft, obgleich sie auch ein gewisses Verlustrisiko beinhaltet. Meist ist es dabei so, dass ein grösseres Risiko mit grösseren potentiellen Gewinnen, aber auch der Möglichkeit grosser Verluste einhergeht. Dieser Ansatz wurde übertragen auf Situationen, die für die Kinder anschaulicher sein sollen als Aktiengeschäfte. Dazu wurden für Teil A Situationen gewählt, in denen die Probanden einer weiteren Person hypothetisch Geld leihen konnten (Geldleih-Paradigma; vgl. Anhang). Diese Personen hatten ein Vorhaben, dessen Erfolg unsicher war, d.h. das Vorhaben konnte entweder erfolgreich sein oder scheitern. Der Erfolg des Vorhabens würde sich wiederum auf die Rückgabe des geliehenen Geldes auswirken. Am potentiellen Gewinn wären die Probanden beteiligt. Scheitert die Unternehmung, wäre das geborgte Geld verloren.

Um reliablere Daten zu erhalten, wurden drei verschiedene Situationen benutzt, die alle dieselbe Struktur hatten. In der Situation „Eisstand“ sollten sich die Kinder vorstellen, dass ein Junge ihnen erzählen würde, er wolle in den Sommerferien einen Eisstand eröffnen, wofür er aber noch Geld benötige. Das Risiko seines Verkaufserfolgs wurde dadurch manipuliert, wo er das Eis verkaufen wolle. Im Falle eines hohen Risikos würde er in einem Freibad Eis verkaufen wollen und wäre damit sehr wetterabhängig. Wenn das Wetter allerdings gut wäre, könnte er sehr viel verkaufen. Bei einem geringen Risiko würde er es in einem Kino versuchen, wo das Wetter keinen Einfluss, er aber auch weniger Absatz hätte. Die zweite Situation „Casino“ war so konstruiert, dass eine junge Frau erzählen würde, sie kenne eine Strategie, mit der man im Spielcasino Geld gewinnen kann. Sie würde das Geld, was man ihr gäbe, als Einsatz setzen. Den möglichen Gewinn würde sie einem geben. Die Variation des Risikos bestand auch hierbei wieder darin, dass sie entweder mit hoher Wahrscheinlichkeit etwas Geld gewinnen würde bzw. entweder sehr viel gewinnen oder sehr viel verlieren könnte. Die dritte Situation „Schatz“ schliesslich war die Geschichte eines Schatzgräbers, der nach einem Schatz suchen will. Er brauche für seine Ausrüstung noch Geld, dass man ihm leihen könne. Würde er den Schatz finden, würde man die Hälfte des Gewinns bekommen. Würde er nicht erfolgreich sein, wäre auch das geliehene Geld verloren. Das Risiko wurde manipuliert über die Wahrscheinlichkeit und die Grösse des potentiellen

Schatzes. So konnte er in der risikoarmen Variante mit hoher Wahrscheinlichkeit ein bisschen Gold finden, in der riskanten Variante hingehen vielleicht viel Gold oder auch gar keins.

Die drei Geschichten wurden den Kindern in Form eines Situations-Reaktions-Fragebogens vorgelegt, wobei die Reihenfolge der Geschichten wie auch die Reihenfolge von Investitions- und Riskantheitsurteil randomisiert waren.

### **3.2.4 Versuchsdurchführung**

Die Untersuchung erfolgte im Rahmen der Schulstunde und wurde im Gruppen-setting durchgeführt. Zu Beginn stellte sich die Versuchsleiterin kurz vor und beschrieb dann, was im folgenden passieren würde. Die Einleitung, die für das gesamte Experiment galt und sich auf beide Paradigmen bezog, war wie folgt: „In den nächsten 20 Minuten machen wir etwas, das nichts mit Schule zu tun hat. Das heisst, ihr könnt dabei nichts falsch machen, es gibt keine Noten und euren Namen brauche ich auch nicht. Was mich interessiert, ist nur eure eigene Meinung. Ich habe hier verschiedene kurze Geschichten mitgebracht, in denen es darum geht, dass man Geld gewinnen oder verlieren kann. Eure Aufgabe ist, die Geschichten zu lesen. Lest dabei aufmerksam! Was besonders wichtig ist, ist fett gedruckt. Ihr sollt euch die Geschichten vorstellen und dann beurteilen, ob ihr denkt, dass ihr in der jeweiligen Situation eher gewinnen oder verlieren würdet. Das könnt ihr auf einer Skala ankreuzen. Ausserdem sollt ihr ankreuzen, wie viel Geld ihr in der jeweiligen Situation verleihen würdet, wenn ihr das Geld hättet. Es geht dabei nicht um richtiges Geld sondern nur um vorgestelltes. Wenn ihr mit allem fertig seid, kontrolliert, dass ihr keine Seite vergessen habt und gebt dann den Fragebogen ab. Wenn etwas unklar ist, erkläre ich es euch. Tragt auf der ersten Seite euer Geburtsdatum ein und kreuzt an, ob ihr Junge oder Mädchen seid, dann könnt ihr mit den Geschichten anfangen“. Danach wurden die Fragebögen ausgeteilt. Jedes Kind erhielt in zufälliger Reihenfolge zwei Teile, einen mit dem Glücksrad-Paradigma (siehe Teil B) und einen mit den drei Geschichten des Geldleih-Paradigmas. Das Glücksrad-Paradigma als auch jede der drei Geschichten des Geldleih-Paradigmas begannen jeweils mit einer kurzen schriftlichen Instruktion, die das Prinzip, die Aufgabe und die Verwendung der Skalen nochmals erläuterte (s. Anhang).

### 3.3 Ergebnisse

Zunächst wurde die Konsistenz der drei Situationen des Geldleih-Paradigmas betrachtet. Dazu sollte geprüft werden, inwieweit die gleichen Risiko-Zeit-Kombinationen zwischen den verschiedenen Geldleihsituationen miteinander im Zusammenhang stehen. Hierzu wurden die Korrelationen zwischen den drei Situationen berechnet, und zwar getrennt für vier möglichen Risiko-Zeit-Kombinationen sowie für Riskantheitsurteil und Investitionshöhe. Von den 4 (Risiko-Zeit-Kombinationen) x 3 (mögliche Situationspaare) x 2 (Riskantheitsurteil und Investitionsverhalten), also 24 möglichen Korrelationen wurden 19 signifikant (vgl. Tabelle 1). Alle Korrelationen wiesen ausserdem erwartungsgemäss positive Beziehungen zwischen den Situationen auf.

Tabelle 1

*Anzahl signifikanter Korrelationen zwischen den jeweiligen Risiko-Zeit-Kombinationen der drei Geldleih-Situationen, getrennt nach Risikourteil und Investitionshöhe*

Abhängige Variable	Anzahl der Korrelationen		
	mit $p < .01$	mit $p < .05$	mit $p \geq .05$ (n.s.)
Riskantheitsurteil	6	3	3
Investitionshöhe	9	1	2

*Anmerkung.* Anzahl möglicher Korrelationen: insgesamt 24.

Mit Blick auf die einzelnen Korrelationen fiel auf, dass besonders die „Eisstand“-Situation nicht optimal mit den anderen Situationen korrelierte. Daher wurde die gleiche Analyse, die nachfolgend beschrieben ist, zunächst ohne diese Situation durchgeführt. Da es aber zu vergleichbaren Ergebnissen kam, wurde von diesem Ausschluss abgesehen und alle drei Geldleihsituationen wurden in die Analyse einbezogen. Aufgrund der zufriedenstellenden, wenn auch nicht perfekten Konsistenz wurden für die weitere Analyse die Daten über die drei Geldleihsituationen gemittelt. Es bleiben also vier Kombinationen der jeweils zweifach gestuften Faktoren Risiko und Zeitverzögerung, sowie das Riskantheitsurteil und die Investitionshöhe als abhängige Variablen.

### 3.3.1 Riskantheitsurteil

In die folgende Auswertung gingen die Daten von 67 Kindern ein, sechs Kinder wurden aufgrund unvollständiger Angaben von der Analyse ausgeschlossen. Um den Einfluss von Risiko und Zeitverzögerung sowie den möglichen Einfluss des Geschlechts auf das Riskantheitsurteil im Geldleih-Paradigma zu ermitteln, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung berechnet. Es ergaben sich signifikante Haupteffekte des Risikos und der Zeitverzögerung (vgl. Abb. 2). Das heisst, die riskante Bedingung wurde auch tatsächlich als riskanter beurteilt im Vergleich zur weniger riskanten Bedingung,  $F(1, 65) = 5.10, p < .05$ . Ausserdem wurde eine längere Zeitverzögerung bis zum Feedback über den Investitionserfolg als riskanter beurteilt als eine geringe Verzögerung,  $F(1, 65) = 29.04, p < .001$ . Dass hinsichtlich des Riskantheitsurteils die grössere Varianzaufklärung auf die Zeitverzögerung und nicht auf die Risikomanipulation zurückgeht, wird deutlich, wenn man den  $\eta^2$ -Koeffizienten betrachtet, der für das Risiko  $\eta^2 = .07$ , für die Zeitverzögerung jedoch  $\eta^2 = .31$  beträgt. Das Geschlecht erwies sich nicht als relevant für die Beurteilung der Riskantheit,  $F(1, 65) = .22, p = .64$ .

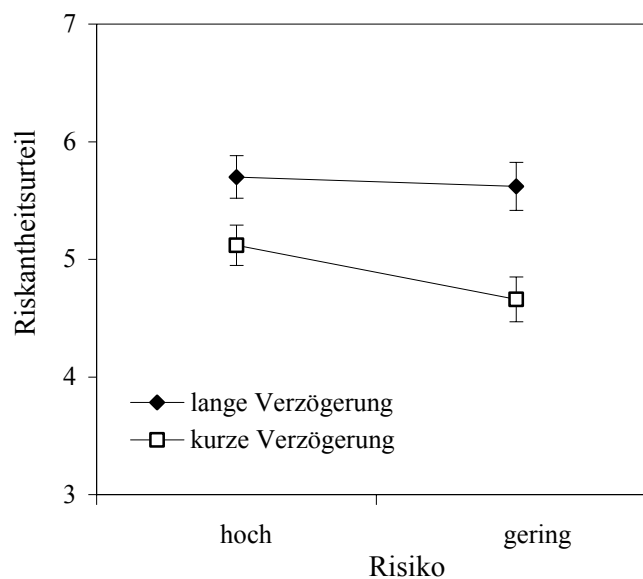


Abbildung 2. Effekte der Zeitverzögerung und des Risikos auf das Riskantheitsurteil der Geldleih-situationen.

### 3.3.2 Investitionshöhe

Die folgende Analyse basiert auf den Daten von 68 Kindern, fünf wurden aufgrund fehlender Daten ausgeschlossen. Zur inferenzstatistischen Überprüfung, welche Rolle das Risiko, die Zeitverzögerung und das Geschlecht bezüglich des Investitionsverhaltens haben, wurde ebenfalls eine ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt.

Wie auch die Beurteilung der Riskantheit wurde die Investitionshöhe sowohl durch das manipulierte Risiko der Situationen als auch durch die Verzögerungszeit beeinflusst. Das heisst, die Kinder haben dann mehr Geld investiert, wenn das Risiko gering war,  $F(1, 66) = 4.46, p < .05$ , und wenn die Zeit, nach der sie eine Rückmeldung über den Erfolg der Unternehmung bekämen, in die sie investierten, kurz war,  $F(1, 66) = 23.33, p < .001$ .

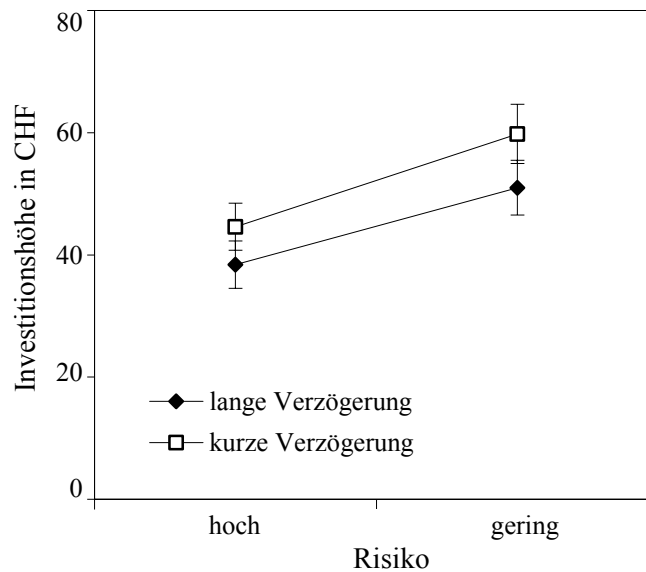


Abbildung 3. Effekte der Zeitverzögerung und des Risikos auf das Investitionsverhalten in den Geldlehsituationen.

Auch hier wird wiederum deutlich mehr Varianz durch die Zeitverzögerung mit  $\eta^2 = .26$  als durch das manipulierte Risiko mit  $\eta^2 = .06$  aufgeklärt. Ein Einfluss des Geschlechts wurde auch hier nicht bedeutsam,  $F(1, 66) = 2.23, p = .14$ .

### 3.3.3 Zusammenhang zwischen Riskantheitsurteil und Investitionshöhe

Um herauszufinden, inwieweit eine Konsistenz zwischen der Beurteilung der Riskantheit und dem Investitionsverhalten bestand, wurden Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Die Korrelationskoeffizienten lagen, je nach Risiko-Verzögerungs-Kombination zwischen  $-.57 \leq r \leq -.75$  ( $p < .01$ , einseitig). Das heisst, dass in Unternehmungen, die von den Kindern als riskant beurteilt wurden, auch weniger investiert wurde.

## **Teil B: Glücksrad-Paradigma**

### **3.4 Methode**

#### **3.4.1 Stichprobe**

Am Glücksrad-Paradigma nahmen dieselben Probanden wie beim Geldleih-Paradigma teil (s.o.).

#### **3.4.2 Versuchsdesign**

Als unabhängige Variablen wurden die mögliche Gewinn- und Verlusthöhe eines Glücksrades als Within-Faktoren jeweils zweistufig variiert. Sie konnten die Ausprägungen 2 CHF und 10 CHF annehmen. Die Gewinnwahrscheinlichkeit blieb stets konstant bei 0.5. Ausserdem wurde der Zeitpunkt, wann die Ziehung des Glücksrades durchgeführt werden würde, und damit die Zeitspanne bis zur Rückmeldung über den Ausgang der Ziehung, ebenfalls als Within-Faktor zweistufig variiert. So konnte die Ziehung entweder sofort oder nach einem Monat stattfinden. Als abhängige Variablen wurden wiederum das Riskantheitsurteil und die Investitionshöhe erhoben.

#### **3.4.3 Versuchsmaterial**

Im Glücksrad-Paradigma wurde den Probanden das Bild von verschiedenen Glücksrädern gezeigt, bei denen Gewinn- und Verlustwahrscheinlichkeit konstant bei 0.5 lagen (s. Anhang). Anschliessend wurde in einem kurzen Text beschrieben, wie viel Geld man bei jedem Glücksrad gewinnen oder verlieren kann. Gewinn- bzw. Verlusthöhe wurden variiert und konnten die Werte 2 bzw. 10 CHF annehmen. Der jeweilige Erwartungswert eines Glücksrades wurde dabei als Risikomanipulation benutzt. So sollte ein Glücksrad, bei dem man mit gleicher Wahrscheinlichkeit 2 CHF gewinnen bzw. 10 CHF verlieren kann, das grösste Risiko darstellen. Glücksräder mit gleichen Gewinn- und Verlusthöhen, also jeweils 2 CHF bzw. jeweils 10 CHF sollten ein mittleres Risiko ausdrücken und ein Glücksrad mit potentiell 10 CHF Gewinn bzw. 2 CHF Verlust sollte am risikoärmsten sein. Ausserdem wurde manipuliert, wann die Ziehung durchgeführt werden würde. Sie konnte entweder sofort oder nach einem Monat stattfinden. Das heisst, für Teil B bekam jedes Kind acht Blätter, auf denen vier verschiedene Glücksräder in allen Gewinn- und Verlusthöhenkombinationen beschrieben waren sowie der Zeitpunkt der Rückmeldung, die entweder sofort oder verzögert erfolgte. Zur

Erhebung der abhängigen Variable „Risikanteitsurteil“ wurde die gleiche neunstufige Skala verwendet wie beim Geldleih-Paradigma. Die Investitionshöhe als Mass der Bereitschaft, in ein solches Spiel zu investieren, wurde hierbei darüber erhoben, wie viele Billette die Kinder für das jeweilige Glücksrad kaufen würden. Ein Billett, mit dem man jeweils hypothetisch an einer Ziehung teilnehmen konnte, kostete einen CHF. Die Antwort konnte auf einer elfstufigen Skala angekreuzt werden, die von „kein Billett (0 CHF)“ bis zu „zehn Billette (10 CHF)“ reichte. Die Angabe der Kaufsumme war in Klammern mit angegeben, um Effekte aufgrund von Rechenschwierigkeiten auszuschliessen. Ausserdem wurde die Reihenfolge der Glücksräder sowie die der Erhebung von Risikanteitsurteil und Investitionshöhe für jedes Kind zufällig variiert.

### **3.4.4 Versuchsdurchführung**

Die Durchführung war die selbe wie für das Geldleih-Paradigma (s.o.), weil die beiden Teile des Experimentes gekoppelt waren. Die Paradigmen wurden in zufälliger Reihenfolge dargeboten.

## **3.5 Ergebnisse**

### **3.5.1 Risikanteitsurteil**

In die folgenden Analysen gingen die Daten von 68 Probanden ein, fünf wurden aufgrund fehlender Angaben ausgeschlossen. Um die Einflüsse von Gewinn- und Verlusthöhe sowie der Verzögerung des Ergebnisfeedbacks auf das Risikanteitsurteil inferenzstatistisch zu überprüfen, wurde eine ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren Gewinnhöhe, Verlusthöhe und Verzögerung sowie dem Geschlecht als Between-Faktor berechnet. Entgegen der Erwartung hatte die Verzögerung keinen signifikanten Einfluss auf das Risikanteitsurteil,  $F(1, 66) = 1.08, p = .30$ .

Allerdings gab es eine signifikante Interaktion zwischen Gewinn und Verzögerung (vgl. Abb. 4). Während die Bedingung „hoher Gewinn“ unabhängig von der Verzögerung als am wenigsten riskant beurteilt wurde, zeigte sich hinsichtlich der Bedingung „geringer Gewinn“, dass eine unverzögerte Rückmeldung als weniger riskant beurteilt wurde als eine verzögerte Rückmeldung,  $F(1, 66) = 7.87, p < .01$ . Dieser Unterschied konnte durch einen im Anschluss durchgeführten t-Test bestätigt werden,  $t(70) = 2.45, p < .05$ .



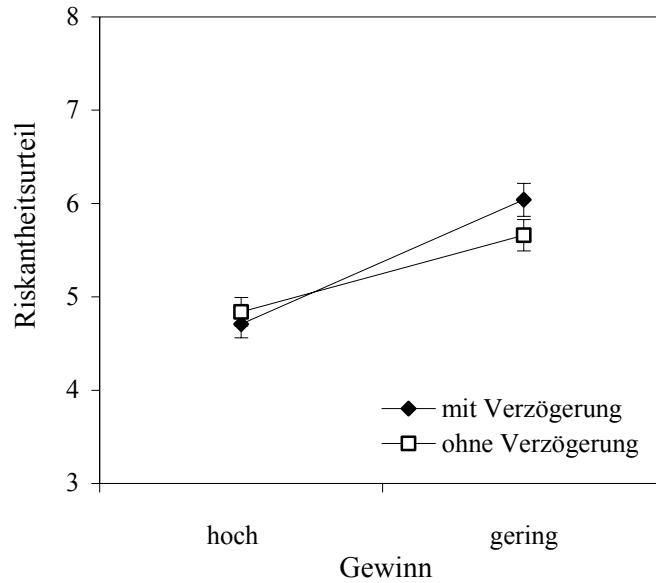


Abbildung 4. Interaktion von Zeithorizont und Gewinnhöhe hinsichtlich des Riskantheitsurteils der Glücksräder

Ausserdem erwiesen sich sowohl die Gewinnhöhe mit  $F(1, 66) = 51.81$ ,  $p < .001$ , als auch die Verlusthöhe mit  $F(1, 66) = 96.13$ ,  $p < .001$ , als bedeutsame Grössen hinsichtlich der Riskantheitsbeurteilung (vgl. Abb. 5). Dabei wurden ein hoher Gewinn sowie ein geringer Verlust als weniger riskant beurteilt als ein geringer Gewinn sowie ein hoher Verlust. Das Ausbleiben einer Interaktion zwischen Gewinn- und Verlusthöhe sowie die unterschiedliche Varianzaufklärung durch die Gewinnhöhe mit  $\eta^2 = .44$  und die Verlusthöhe mit  $\eta^2 = .58$  weisen darauf hin, dass der Verlusthöhe ein grösseres Gewicht bei der Beurteilung der Riskantheit zugeschrieben wurde als der Gewinnhöhe. Das Geschlecht der Probanden wurde mit  $F(1, 66) = .30$ ,  $p = .59$  nicht signifikant.

Allerdings ergab sich eine Interaktion zwischen Gewinnhöhe und Geschlecht,  $F(1, 66) = 5.41$ ,  $p < .05$ , die darauf hindeutete, dass die Mädchen einen hohen Gewinn zwar weniger riskant einschätzten als den geringen Gewinn, ihn aber dennoch als riskanter beurteilten als die Jungen. Dieser Effekt wurde in im Anschluss durchgeführten t-Tests bezüglich der Geschlechtsunterschiede allerdings nicht mehr signifikant ( $p > .05$ ).

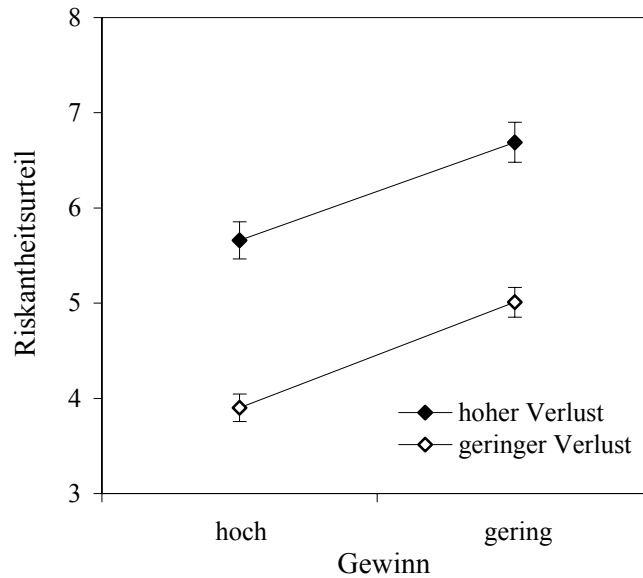


Abbildung 5. Einfluss von Gewinn- und Verlusthöhe auf das Risikanteilsurteil hinsichtlich der Glücksräder.

Schliesslich sollte herausgefunden werden, ob die Kinder für ihr Risikanteilsurteil eher den Erwartungswert oder die potentielle Ereignisvarianz zugrunde gelegt haben. Hierzu wurden die Risikanteilsurteile für das Glücksrad mit hohem Gewinn und hohem Verlust über beide Verzögerungsstufen gemittelt, weil, wie bereits erwähnt, die Verzögerung keinen Haupteffekt aufwies. Das gleiche wurde für die Risikanteilsurteile für das Glücksrad mit geringem Gewinn und geringem Verlust getan.

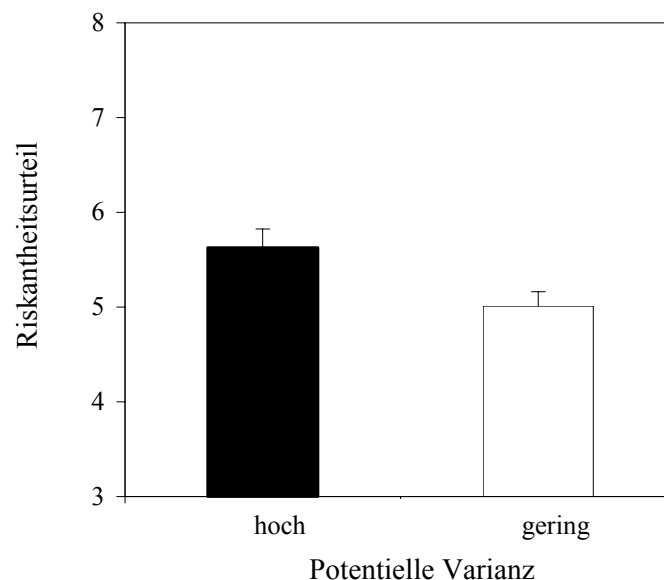


Abbildung 6. Beurteilung der Risikotheit in Abhängigkeit der potentiellen Ereignisvarianz der Glücksräder mit gleichem Erwartungswert.

Da die Gewinn- und Verlustwahrscheinlichkeit bei allen Glücksrädern bei 0.5 lag, haben Glücksräder mit gleicher Gewinn- und Verlusthöhe den gleichen Erwartungswert von null, jedoch eine unterschiedliche potentielle Varianz. Der Einstichproben-t-Test ergab, dass das Glücksrad mit hohem Gewinn und Verlust als riskanter eingeschätzt wurde, als das Glücksrad mit geringem Gewinn und Verlust,  $t(67) = 3.201$ ,  $p < .01$  (zweiseitig), was zeigt, dass sich das Riskantheitsurteil bei gleichem Erwartungswert der Glücksräder an der potentiellen Ergebnisvarianz orientierte (vgl. Abb. 6).

### 3.5.2 Investitionsverhalten

In die Analyse des Investitionsverhaltens gingen die Daten von 69 Probanden ein, vier wurden aufgrund fehlender Daten ausgeschlossen. Es wurde ebenfalls eine ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren Gewinnhöhe, Verlusthöhe und Verzögerung sowie dem Geschlecht als Between-Faktor gerechnet. Eine Verzögerung des Feedbacks hatte keinen bedeutsamen Einfluss auf das Investitionsverhalten,  $F(1, 67) = 2.20$ ,  $p = .14$ . Hingegen beeinflussten Gewinnhöhe wie auch Verlusthöhe das Investitionsverhalten signifikant.

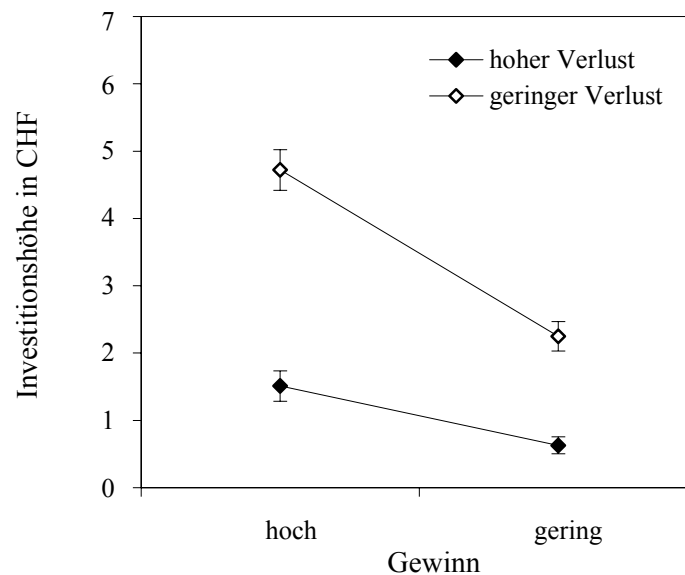


Abbildung 7. Investitionsverhalten in Abhängigkeit von Gewinn- und Verlusthöhe der Glücksräder.

So wurde mehr investiert, wenn das Glücksrad einen hohen Gewinn versprach,  $F(1, 67) = 88.18$ ,  $p < .001$ , bzw. wenn das Glücksrad einen geringen Verlust in Aussicht stellte,  $F(1, 67) = 131.97$ ,  $p < .001$ . Gewinn und Verlust wiesen ausser den Haupteffekten auch eine ordinale Interaktion auf,  $F(1, 67) = 19.95$ ,  $p < .001$ , wonach der Einfluss

der Verlusthöhe bei hohen Gewinnen bedeutsamer war. Bei kleinen Gewinnen hingegen war auch der Einfluss der Verlusthöhe geringer, weil dort ohnehin weniger investiert wurde (vgl. Abb. 7).

Schliesslich ergab sich hinsichtlich der Investitionshöhe auch ein Haupteffekt des Geschlechts, nachdem Jungen etwas mehr investierten als Mädchen,  $F(1, 67) = 5.15, p < .05$ . Das Geschlecht interagierte dabei ordinal sowohl mit der Gewinnhöhe,  $F(1, 67) = 13.02, p = .001$ , als auch mit der Verlusthöhe,  $F(1, 67) = 12.38, p < .001$ . So investierten Jungen vor allem bei Glücksrädern mit geringem Verlust als auch bei Glücksrädern mit hohem Gewinn mehr. Bei Glücksrädern mit hohem Verlust oder geringem Gewinn gab es keinen Geschlechtsunterschied (vgl. Abb. 8).

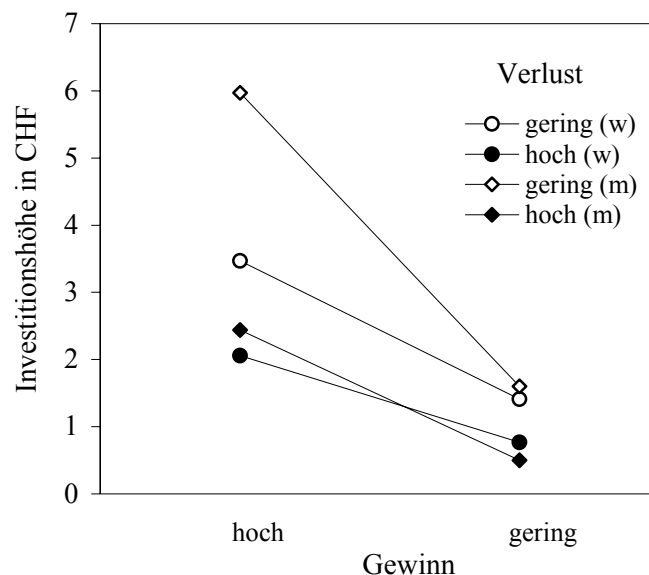


Abbildung 8. Investitionsverhalten in Abhängigkeit von Gewinn- und Verlusthöhe der Glücksräder, sowie des Geschlechts („w“: weiblich; „m“: männlich).

Ausserdem wurde auch hier mittels eines Einstichproben-t-Tests ermittelt, ob beim Investitionsverhalten eher auf den Erwartungswert oder die potentielle Varianz der Glücksräder geachtet wurde. Da sich auch bei der Investitionshöhe kein Haupteffekt der Verzögerung ergab, wurden die Investitionshöhen für das Glücksrad mit hohem Gewinn und Verlust sowie die Investitionshöhen für das Glücksrad mit geringem Gewinn und Verlust jeweils über beide Verzögerungsstufen gemittelt und getestet, ob sich die Investitionen in Glücksräder mit gleichem Erwartungswert, aber unterschiedlicher möglicher Varianz unterscheiden. Tatsächlich ergab der t-Test einen signifikanten Unterschied,  $t(68) = 3.37, p = 0.001$ . Das heisst, in Glücksräder mit geringem potentiellen Verlust

und Gewinn wurde bei gleichem Erwartungswert mehr investiert als in Glücksräder mit hohem potentiellen Verlust und Gewinn (vgl. Abb. 9).

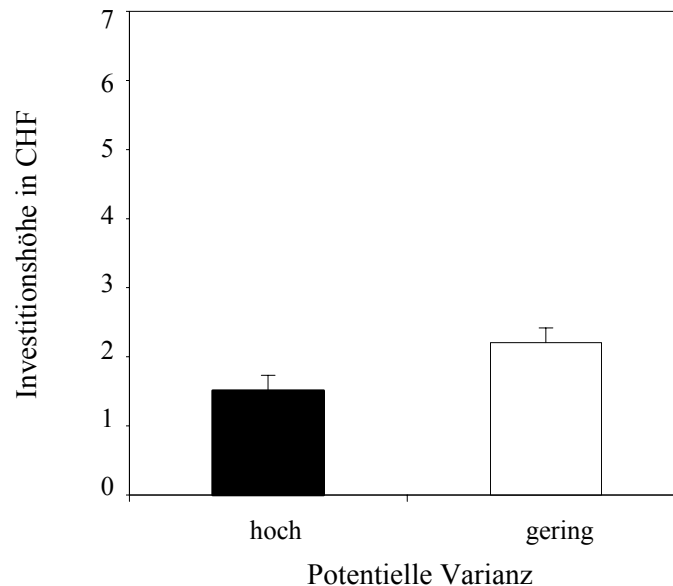


Abbildung 9. Investitionsverhalten in Abhängigkeit der potentiellen Ergebnisvarianz der Glücksräder mit gleichem Erwartungswert.

### 3.5.3 Zusammenhang von Riskantheitsurteil und Investitionshöhe

Um herauszufinden, inwieweit eine Konsistenz zwischen der Beurteilung der Riskantheit und dem Investitionsverhalten bestand, wurden Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Die Korrelationskoeffizienten lagen, je nach Gewinn-Verlust-Kombination zwischen  $-.31 \leq r \leq -.70$  ( $p < .01$ , einseitig). Das bedeutet, in als riskant eingestufte Glücksräder wurde auch weniger investiert.

## 3.6 Diskussion

Experiment 1 wurde durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Verzögerung des Feedbacks über den Erfolg oder Misserfolg einer Unternehmung zu einer erhöhten Risikotoleranz führt. Nachdem es theoriegestützte und empirische Hinweise für diese Annahme bei Erwachsenen gab (vgl. Kapitel 2.2.2), sollte die Frage an Sechstklässlern untersucht werden. Dazu wurden zwei verschiedene Paradigmen benutzt, die zwar nicht zu genau denselben Ergebnissen führten, aber dennoch beide die Annahme bekräftigten, dass Kinder durch eine längere Feedback-Verzögerung offensichtlich nicht risikotoleranter werden.

Gemäss der Zusammenhänge bei den Erwachsenen hätte man eine Interaktion von Risiko und Verzögerung erwartet. Das heisst, zumindest bei einer langen Verzögerung sollte mehr Geld in riskante Unternehmungen als in sichere Unternehmungen investiert werden. Diese Interaktion fand sich bei den Kindern weder beim Geldleih-Paradigma noch beim Glücksrad-Paradigma. So wurde aus den Resultaten des Geldleih-Paradigmas deutlich, dass Kinder eine längere Verzögerung sogar als riskanter beurteilten und dem entsprechend auch weniger Geld investierten. Dabei war der Anteil der Varianz, die durch die Verzögerung aufgeklärt wurde, sogar deutlich höher, als die Varianz, die durch die Risikomanipulation aufgeklärt wurde. Der verhältnismässig schwache Effekt des Risikos beim Geldleih-Paradigma lässt sich dadurch erklären, dass das Risiko in den Situationen nur implizit angegeben war. Es war weder durch eine konkrete potentielle Ergebnisvarianz noch durch die explizite Verlustwahrscheinlichkeit ausgedrückt, sondern über eher vage verbale Beschreibungen. Doch selbst diese schwache Manipulation führte sowohl beim Riskantheitsurteil als auch beim Investitionsverhalten zu einem Haupteffekt des Risikos. Es bleibt zu betonen, dass Sechstklässler in beiden Paradigmen sehr gut in der Lage waren, das Risiko als solches zu erkennen und ihre Entscheidungen entsprechend zu modulieren. Zumindest auf den finanziellen Bereich bezogen, der hier untersucht wurde, kann man also nicht davon ausgehen, dass Kinder dieses Alters generell eingeschränkte Fähigkeiten der Risikowahrnehmung haben, obgleich Jugendliche allgemein als Gruppe mit hohem Risikoverhalten gelten (Gullone, Moore, Moss & Boyd, 2000; Wilson & Herrnstein, 1985; Zuckerman, Eysenck & Eysenck, 1978). Den Nachweis für eine hohe Konsistenz zwischen Urteil und Handlung der Kinder erbringen die in beiden Paradigmen bedeutsamen Korrelationen zwischen Riskantheitsurteil und Investitionshöhe. Das heisst, in eine Situation, die als riskanter beurteilt wurde, investierten die Sechstklässler weniger. Dies spricht für die Tendenz zur Risikoaversion. Die anderen, eher suboptimalen Möglichkeiten des Zusammenhangs zwischen Riskantheitsurteil und Investitionsverhalten wären die, dass ein hohes Risiko nicht als solches erkannt wird und daher quasi unbewusst ein hohes Risiko eingegangen wird. Oder aber, ein hohes Risiko wird erkannt, und es wird bewusst mehr investiert, weil man sich z.B. aufgrund von Zeit Veränderungen des Risikos erhofft, wie es Resultate von Erwachsenen nahe legen. Die Kinder hingegen erkannten das Risiko und verhielten sich entsprechend risikoaversiv, wobei sie sich nicht durch die Zeitverzögerung beeinflussen liessen.

Beim Glücksrad-Paradigma ergab sich zwar nur ein Interaktionseffekt zwischen Gewinnhöhe und Zeitverzögerung auf das Riskantheitsurteil, der in die gleiche Richtung wie die Befunde des Geldleih-Paradigmas weist. Die Ergebnisse des Glücksrad-Paradigmas stützen aber dennoch die Annahme, dass eine Feedbackverzögerung bei Kindern in einem Investitionssetting nicht zu einer erhöhten Risikotoleranz führt, da sie sich durch eine Verzögerung nicht in ihrem Investitionsverhalten beeinflussen liessen. Die Interaktion zwischen Gewinnhöhe und Verzögerung zeigte, dass bei geringen Gewinnhöhen des Glücksrads eine lange Verzögerung als riskanter beurteilt wurde als eine kurze Verzögerung. Dass die Verzögerung aber bei den übrigen Resultaten keine Rolle mehr spielt, kann daran liegen, dass das Glücksrad-Paradigma durch die Manipulation dreier Variablen, nämlich der Gewinn- und der Verlusthöhe sowie der Feedbackverzögerung dazu geführt hat, dass der Faktor Verzögerung nicht salient genug war, und dass die Kinder schon genug mit der Risikokalkulation aufgrund von Gewinn und Verlust beschäftigt waren. Für die fehlende Salienz der Verzögerung bei den Kindern spricht auch folgende Überlegung. Im allgemeinen investieren nur die Erwachsenen Geld, indem sie es z.B. in Aktien anlegen, die bereits genug Geld haben, um ihre alltäglichen Bedürfnisse zu stillen. Sie haben also mehr Geld, als es ihr Anspruchsniveau erfordert. Somit können diese Erwachsenen auch zusätzlich zur potentiellen Gewinn- und Verlusthöhe den eventuellen Einfluss der Zeit auf das Risiko mit in ihre Überlegungen einbeziehen und damit „spielen“. Andere Personengruppen, wie z.B. Kinder haben im allgemeinen das Geld nicht übrig. Sie können es sich somit auch nicht leisten, Verluste in Kauf zu nehmen. Daher legen sie bei ihren Entscheidungen, wie dies auch in diesem Experiment deutlich wurde, die Priorität vor allem auf die potentielle Verlusthöhe. Die Möglichkeit, dass ein längerer Anlagehorizont eventuell das Risiko verringern könnte, ziehen sie nicht in Betracht, weil die mögliche Verlusthöhe ein grösseres, weil direkteres Risiko für sie darstellt. Nämlich das Risiko, durch einen Verlust unter dem Bedarfsniveau zu bleiben oder darunter zu fallen.

Ein weiterer Unterschied zum Investitionsverhalten der Erwachsenen ist, dass Erwachsene meist höhere Beträge investieren. In den hier vorgestellten Paradigmen wurden hypothetische Geldbeträge von nicht mehr als 100 CHF benutzt. Der Argumentation vom vorherigen Abschnitt folgend, liesse sich wiederum vermuten, dass derart kleine Beträge unabhängig von der Altersgruppe eher dafür benutzt werden, um momentane Bedürfnisse zu stillen. Daher wäre auch ein Verlust besonders schmerzlich, weil er gegen eine unmittelbare Konsumierung spricht. Erst grössere Beträge, die über

das Anspruchsniveau hinausgehen, würden zum richtigen Investieren benutzt. Hier wäre auch ein Verlust nicht so bedeutsam, da die aktuellen Bedürfnisse bereits befriedigt sind.

Ein weiterer interessanter Befund des Glücksrad-Paradigmas ist, dass bei der Beurteilung der Riskantheit und der Entscheidung der Investitionshöhe die potentielle Ergebnisvarianz offensichtlich von Bedeutung ist. Durch die vollständige Kombination der zwei Gewinn- wie Verlusthöhen ergaben sich zwei Situationen mit gleichem Erwartungswert von null, aber unterschiedlicher Ergebnisvarianz. Es zeigte sich, dass die Situation mit grösserer Varianz als riskanter beurteilt wurde, und dass in diese auch weniger Geld investiert wurde.

Schliesslich ergab sich noch ein Geschlechtseffekt, der in die Richtung von anderen, bereits bestehenden Befunden aus der Entscheidungsforschung weist, nach denen männliche Personen häufig risikotoleranter sind als weibliche (Boyer & Byrnes, 2003). Es gab einen Haupteffekt des Geschlechts, wobei die Jungen mehr investierten als die Mädchen. Die Interaktionen mit Gewinn- und Verlusthöhe erlauben es, diese Aussage zu spezifizieren: Jungen investierten besonders bei der Aussicht auf hohe Gewinne bzw. niedrige Verluste mehr. Nun kann man argumentieren, dass sie mit dieser Taktik eine sicheren Strategie verfolgen. Nicht zu vergessen ist aber, dass es sich trotz allem um ein Glücksspiel handelt, das an sich schon ein Risiko birgt. Auch wenn die Jungen dabei die risikoärmeren Situationen wählen, um mehr zu investieren als die Mädchen, gehen sie dennoch ein grösseres Risiko als die Mädchen ein.

Die Ergebnisse zusammenfassend kann man festhalten, dass bei Sechstklässlern eine Verzögerung zwischen Investitionsentscheidung und Rückmeldung über den Investitionserfolg nicht zu einer erhöhten Risikotoleranz führte. Vielmehr gibt es Hinweise darauf, dass eine Verzögerung sogar als erhöhtes Risiko empfunden und dem entsprechend risikoaversiv investiert wurde. Nicht systematisch erhobene verbale Äusserungen während der Versuchsdurchführung sprechen für diese Hypothese. Daraus könnte man schlussfolgern, dass Sechstklässler in dem Zusammenhang vielleicht sogar rationaler sind als Erwachsene, weil tatsächlich die Zeitverzögerung ein gewisses Risiko in sich bergen kann (vgl. auch Prelec & Loewenstein, 1991), was die Erwachsenen zu ignorieren scheinen, wenn sich ihre Risikotoleranz erhöht. Auf ein alternatives Modell, das die Befunde für Kinder wie für Erwachsene erklären könnte, wird in Kapitel 6.2 detailliert eingegangen.



### 3.7 Ausblick

Experiment 1 verstand sich als ein erster Ansatz, den Einfluss der Zeit auf das Riskantheitsurteil und das Investitionsverhalten von Kindern zu untersuchen. Generell gibt es zum ökonomischen Verständnis und Verhalten von Kindern kaum Studien. Die wenigen, die es gibt, untersuchten vorwiegend explorativ und kaum experimentell das Verständnis ökonomischer Konzepte, wie Geld, Banken, Lohn, Inflation, Arbeit etc. (Berti & Bombi, 1981; Berti, Bombi & de Beni, 1986; Berti, Bombi & Lis, 1982; Claar, 1990, 1995, 1996; Furnham, 1987, 1999; Leiser, 1983). Somit böte sich eine Reihe von experimentellen Untersuchungen zur Entwicklung des Wissens und Verhaltens im finanziellen Bereich an. Das hier vorgestellte Experiment 1 könnte zunächst auf Kinder anderer Altersstufen ausgeweitet werden, um einen Entwicklungstrend ausfindig machen zu können. Dabei wäre es empfehlenswert, ein Paradigma zu finden, das weniger altersabhängig ist als das hier verwendete. In Experiment 1 wurden Sechstklässler untersucht, weil die Probanden selbständig einen Text lesen und verstehen mussten. Zu Gunsten der Validität könnte man von hypothetischen Situationen absehen und Kinder tatsächlich investieren lassen. Ein Bereich, in dem Kinder schon früh mit Handel in Berührung kommen, sind beispielsweise Verkaufsspiele, wie der vielleicht schon altmodische Kaufmannsladen. Allerdings geht es hier eher um den unmittelbaren Austausch von Waren und Geld. Auch Spiele nach der Art von Monopoly, wo es schon eher um längerfristige Investitionen geht, die sich zwar nicht sofort, aber später rentieren, könnten geeignet sein, kindliches Investitionsverhalten und den Einfluss der Zeit zu untersuchen. Der Vorteil dieser realen Spiele wäre neben der Validität auch, dass man von der Lesekompetenz unabhängiger wird und somit auch jüngere Altersgruppen untersuchen kann. Auch Bereiche, in denen Kinder heutzutage schon relativ früh Geld ausgeben, wie über Mobiltelefone, könnten in Untersuchungen eingebaut werden.

Der andere Punkt der Beurteilung der Riskantheit in Abhängigkeit von der Verzögerung des Feedbacks über eine Entscheidung liesse sich auf weitere Bereiche ausweiten. Man könnte prüfen, ob sich der Effekt, dass Kinder eine zeitliche Verzögerung eher mit einem höheren Risiko assoziieren, auch auf andere Risikobereiche, wie auf das Gesundheits- oder Freizeitverhalten generalisieren lässt. Es könnten sich aber auch bereichsabhängige Einflüsse der Verzögerung auf das Riskantheitsurteil ergeben. Schliesslich sollte man untersuchen, inwieweit der berichtete Effekt der höheren Risikotoleranz von Erwachsenen bei einem verzögerten Feedback tatsächlich stabil ist und ob er sich auch in dieser Altersgruppe auf andere Domänen übertragen lässt.

Zusammenfassend wäre es also empfehlenswert, die Erforschung des Einflusses der Zeit auf das Riskantheitsurteil und das Investitionsverhalten auf weitere Altersgruppen und weitere Inhaltsbereiche auszudehnen sowie ökonomisch validere, altersunabhängigere Paradigmen zu finden.

## **4 Experiment 2: Discounting materieller und nicht-materieller Werte im Altersvergleich**

### **4.1 Fragestellung**

Viele Entscheidungssituationen beziehen sich auf Ereignisse, die nicht unmittelbar, sondern verzögert eintreten. Dazu ist es also nötig, diese verzögerten Ereignisse im Voraus zu bewerten, um eine Entscheidung zu treffen. Dabei hat die Forschung zeigen können, dass die subjektive Bewertung von der Verzögerungszeit abhängt. In den Kapiteln 2.1.4 und 2.2.3 ist das Phänomen bereits vorgestellt worden, dass Personen Ereignisse, die verzögert eintreten, subjektiv abwerten im Gegensatz zu Ereignissen, die unverzögert eintreten. Dieses Phänomen wurde erstmals durch das Discounted Utility Model von Samuelson (1937) theoretisch beschrieben. Aufgrund empirischer Abweichungen wurde das Modell in der Folge modifiziert, wobei sich die Modifikationen vornehmlich auf die Form der Discount-Funktion bezogen, sowie auf verschiedene Kontextvariablen, die entgegen dem Modell von Samuelson doch einen Einfluss auf das Ausmass der Abwertung haben können. Kapitel 2.2.3 ging auf den aktuellen Forschungsstand zum Discounting ein. Ein bedeutsamer Befund dabei ist, dass die Discount-Funktion häufig keine exponentielle sondern eine hyperbolische Form annimmt (Ainslie & Haslam, 1992; Rubinstein, 2003). Weiterhin konnte die Annahme der Bereichsunabhängigkeit entkräftet werden, offenbar existieren verschiedene Discount-Faktoren für verschiedene Bereiche von verzögerten Ereignissen (Chapman & Elstein, 1995; Schoenfelder & Hantula, 2003). Ausserdem konnte auch ein Alterstrend ausgemacht werden. Ältere Personen werten verzögerte Ereignisse langsamer ab als jüngere Personen (Green, Fry & Myerson, 1994; Green, Myerson & O'Quinn, 1999).

Das vorliegende Experiment hatte das Ziel, das Discount-Verhalten bei Kindern und Erwachsenen zu untersuchen. Die verzögerten Ereignisinhalte stammten aus zwei Bereichen, nämlich zum einen aus dem finanziellen Bereich, auf dem bis auf wenige Ausnahmen die Discounting-Forschung basiert. Als Vergleichsbereich wurde ein nicht-materieller Bereich, nämlich das Hilfeverhalten gewählt. Zur Abwertung von verzögertem Hilfeverhalten lagen bislang noch keine Untersuchungen vor, obgleich es für soziale Interaktionen von grosser Bedeutung sein könnte, wenn eine Verzögerung tatsächlich zu einer geringeren Bewertung von Hilfeverhalten führen würde.

Weiterhin war von Interesse, welchen Einfluss die Art der Verzögerung des Ereignisses auf die Abwertung hat. Basierend auf den Ausführungen von Read und Roelofsma (2003) wurde angenommen, dass es einen Unterschied machen könnte, ob ein Gut gesamthaft verzögert wird oder ob es zu gleichen Teilen über einen Zeitraum verteilt verzögert wird (vgl. Kapitel 2.2.3). Da bislang nur die eine Untersuchung zum subjektiven Wert der Verteilung verzögerter Ereignisse vorlag, sollte mit Experiment 2 die empirische Basis zu dieser Frage erweitert werden.

Die Leitfragen für Experiment 2 waren also, ob Hilfeverhalten auf die gleiche Weise wie Geldwerte abgewertet wird, d.h. ob die Abwertung ebenfalls hyperbolisch ist und mit einer vergleichbaren Rate erfolgt. Ausserdem sollten die schon gefundenen Alterseffekte auch hier auftreten, und ein möglicher Effekt der Verzögerungsart (gesamthaft vs. verteilt) sollte untersucht werden.

## **4.2 Voruntersuchung**

In einer Voruntersuchung wurde bei Sechstklässlern und Erwachsenen versucht, eine Entsprechung von nicht-materiellen Werten und materiellen Werten zu finden. Das heisst, um die Bewertung materieller und nicht-materieller Werte angemessen interpretieren zu können, sollten die Wertebereiche der materiellen und nicht-materiellen Werte möglichst ähnlich sein. Ausserdem war davon auszugehen, dass Kinder ein anderes Wertesystem haben als Erwachsene, da sich die Erfahrungen im Umgang mit Geld unterscheiden. So sollten Kinder z.B. 100 CHF an sich schon anders bewerten als Erwachsene. Um diese Einflüsse besser kontrollieren zu können, wurde ein kurzer Fragebogen erstellt, in den die Probanden eintragen sollten, wie viel Geld in CHF ihnen der Erhalt bzw. die Ausführung verschiedener Hilfetätigkeiten wert wären. Bei den Erwachsenen handelte es sich um die Tätigkeiten „Reparatur“, „Gartenarbeit“ und „Nachhilfe“, die jeweils von einem imaginären Nachbarn ausgeführt wurden (Hilfe-„Gewinn“) bzw. die bei einem imaginären Nachbarn ausgeführt werden sollten (Hilfe-„Verlust“). Um reliablere Daten zu erhalten, sollten die verschiedenen Hilfen von der Dauer einer, fünf und sieben Stunden als Geldwert angegeben werden. Das Antwortformat war frei. Nachdem sich bei den Erwachsenen in den Bewertungen kein Unterschied hinsichtlich der Art der Tätigkeit ergab, wurden für die Voruntersuchung bei den Kindern nur noch die zwei Tätigkeiten „Nachhilfe“ und „Reparatur“ benutzt. Statt dem Nachbarn war hier der Hilfeempfänger bzw. der Helfende ein imaginärer Mitschüler bzw. eine imaginäre Mitschülerin aus der Klasse.

Die Resultate der Voruntersuchung in der Erwachsenenstichprobe ( $N = 18$ ), die aus Psychologiestudierenden bestand, ergaben weder einen Effekt der Situation noch der Hilferichtung (Gewinn / Verlust), sondern lediglich einen Effekt der Stundenzahl. Aufgrund dieses Ergebnisses wurden die Geldwerte über alle drei Tätigkeiten sowie die beiden Hilferichtungen für jede einzelne Dauer gemittelt. Dabei ergab sich eine lineare Funktion zwischen Stundenzahl und finanzieller Bewertung. Eine Stunde wurde durchschnittlich mit 19,6 CHF ( $SD = 11.7$ ) bewertet, fünf Stunden entsprechend mit 103,1 CHF ( $SD = 45.3$ ) und sieben Stunden mit 141,3 CHF ( $SD = 58.7$ ).

In der Stichprobe von Sechstklässlern ( $N = 29$ ) ergaben sich ebenfalls keine Effekte von Situation und Richtung der Hilfeleistung. Allerdings war hier der Einfluss der Stundenzahl nicht so eindeutig linear wie bei den Erwachsenen. Auch war die Varianz der Angaben doppelt so gross, wie bei den Erwachsenen. Dies könnte zum einen auf ein inkonsistentes Verständnis des Wertes von Arbeit hinweisen. Zum anderen fiel in der Durchführung des Vorversuches auch auf, dass die Kinder vereinzelt zur bewussten Überschätzung des Wertes der eigenen Hilfeleistung neigten. Für die Entsprechungen der Hilfedauern ergaben sich bei den Sechstklässlern für eine Stunde 20,2 CHF ( $SD = 28.3$ ), was dem Wert der Erwachsenen entsprach. Fünf Stunden aber wurden durchschnittlich mit 69,7 CHF ( $SD = 118.2$ ) bewertet und sieben Stunden mit 78,8 CHF ( $SD = 117.3$ ). Dieses Resultat könnte ein Hinweis auf eine nicht-lineare Zahlenrepräsentation sein, die bei Kindern vielleicht in stärkerem Masse nicht-linear ist als bei Erwachsenen. Darauf wird später ausführlicher eingegangen (vgl. Kapitel 6.2.1).

Ausgehend von den Ergebnissen der Voruntersuchung wurde für die Hauptuntersuchung als Hilfeereignis die Situation „Reparatur“ gewählt, da diese als für beide Stichproben alltagsnah angesehen wurde. Als Dauer wurden sieben Stunden gewählt. Die Gründe hierfür liegen im Versuchsdesign, weil nicht nur die Abwertung bei einfacher Verzögerung erhoben werden sollte, sondern auch die Abwertung bei verteilter Verzögerung. Die Dauer von sieben Stunden Hilfeleistung hatte den Vorteil, dass man diese Hilfe gesamthaft eine Woche verzögern kann oder aber die Hilfe in sieben gleiche Teile von je einer Stunde aufteilen kann, die in den nächsten sieben Tagen jeweils an Hilfe geleistet werden sollen. Als materielle Entsprechung der unverzögerten Hilfeleistung wurde, um den Einfluss des grossen Schwankungsbereiches in der Stichprobe der Kinder zu vermindern, der Median der Bewertung von sieben Stunden Hilfeleistung benutzt. Er lag bei den Erwachsenen bei 142,5 CHF und bei den Kindern bei 43,8 CHF. Um die mathematische Aufteilung auf sieben Tage zu erleichtern, wurden diese Werte

leicht auf- bzw. abgerundet. Für die Stichprobe der Erwachsenen wurde der Wert 140 CHF als Entsprechung für sieben Stunden Hilfe benutzt, für die Stichprobe der Kinder der Wert von 42 CHF.

## **4.3 Methode**

### **4.3.1 Stichprobe**

An der Hauptuntersuchung nahm zum einen eine Gruppe von 76 Erwachsenen teil, die an der Universität Zürich Psychologie studierten. Davon waren 33 männlich und 43 weiblich. Die Erwachsenen waren im Durchschnitt 28;9 Jahre alt (Spannweite: 19;4 – 63;4 Jahre). Ausserdem wurde eine Gruppe von 62 Sechstklässlern untersucht, die aus verschiedenen Schulen der Stadt Zürich stammten. Davon waren 30 Jungen und 32 Mädchen; ihr durchschnittliches Alter betrug 12;3 Jahre (Spannweite: 11;7 bis 13;8 Jahre). Die Teilnahme war in beiden Gruppen freiwillig. In der Gruppe der Erwachsenen war die Teilnahme mit einer Verlosung von 100 CHF verbunden. Die Teilnahme der Kinder erfolgte mit dem Einverständnis der Eltern und Lehrer.

### **4.3.2 Versuchsdesign**

Als Within-Faktor wurde die Ereignisrichtung, also ob es sich um einen Gewinn oder Verlust handelte, manipuliert. Ebenfalls within wurde die Art der Verzögerung des Ereignisses variiert. Jedes Ereignis konnte unverzüglich, verzögert um einen Tag, verzögert um eine Woche oder aber verteilt über die nächsten sieben Tage eintreten. Der Faktor des Ereignistyps, also ob ein Ereignis materiell oder nicht-materiell war, wurde als Between-Faktor manipuliert. Als weitere Between-Faktoren dienten das Alter und das Geschlecht der Probanden. Die abhängige Variable war die subjektive Bewertung des jeweiligen Ereignisses.

### **4.3.3 Versuchsmaterial**

Als Versuchsmaterial wurden Situations-Reaktions-Fragebögen in Papierversion eingesetzt (s. Anhang). Bei den hypothetischen Situationen, die sich die Probanden jeweils vorzustellen hatten, handelte es sich zum einen um einen Gewinn bzw. Verlust von Geld aufgrund von Zufall. Der Gewinn wurde auf einen Lotteriegewinn zurückgeführt, der Verlust auf eine versehentliche Geschwindigkeitsüberschreitung bei den Erwachsenen bzw. einen versehentlichen Glasbruch beim Ballspiel bei den Kindern. Zum

anderen gab es Situationen, die sich auf den „Gewinn“ und „Verlust“ von Hilfeleistungen bezogen. Diese beiden Begriffe werden der Vergleichbarkeit halber im folgenden auch für die nicht-materiellen Werte benutzt, auch wenn sie besser durch Hilfeempfang und Hilfeverhalten ausgedrückt wären. Beim Hilfegewinn handelte es sich darum, dass ein Nachbar bzw. ein Mitschüler sich bereiterklärt hätte, dem Probanden ohne Gegenleistung zu helfen. Hilfeverlust bedeutete, der Proband hätte sich bereiterklärt, ohne Gegenleistung einem Nachbarn bzw. Mitschüler zu helfen. Die unterschiedlichen Verzögerungen der Gewinn- und Verlustereignisse wurden in die Beschreibung der Situationen eingebaut. Die abhängige Variable der subjektiven Beurteilung des jeweiligen Ergebnisses wurde mittels einer zehnstufigen Skala mit den Polen „kein Gewinn“ / „kein Verlust“ und „sehr grosser Gewinn“ / „sehr grosser Verlust“ erhoben. Jedes zu bewertende Ereignis und die entsprechende Verzögerung wurden in zwei Sätzen beschrieben, gefolgt von der Skala der subjektiven Bewertung. Pro Ereignis gab es ein Blatt. Jede Person erhielt also acht Blätter, auf denen in zufälliger Reihenfolge die vier Verzögerungsarten mit einer Gewinn- bzw. einer Verlustsituation kombiniert waren. Alle acht Situationen stammten entweder aus dem finanziellen Bereich oder beschrieben Hilfeverhalten.

#### **4.3.4 Versuchsdurchführung**

Die Untersuchung mit den Kindern wurde im Rahmen von Schulstunden im Gruppensetting durchgeführt. Zu Beginn stellte sich die Versuchsleiterin kurz vor und beschrieb dann, was im folgenden passieren würde. Die Einleitung war wie folgt: „In den nächsten 15 Minuten machen wir etwas, das nichts mit Schule zu tun hat. Das heisst, ihr könnt dabei nichts falsch machen, es gibt keine Noten und euern Namen brauche ich auch nicht. Was mich interessiert, ist nur eure eigene Meinung. Ich habe hier acht kurze Geschichten mitgebracht, in denen es darum geht, dass man etwas gewinnen oder verlieren kann bzw. in denen einem jemand hilft oder man hilft einer anderen Person. Ihr sollt euch die Geschichten durchlesen und euch vorstellen, ihr wärt in der beschriebenen Situation. Dann sollt ihr auf dieser Skala (wurde gezeigt) ankreuzen, wie ihr die Situation selber bewertet. Das heisst, ob sie für euch eher ein Gewinn ist oder eher ein Verlust oder etwas dazwischen. Die Situationen sehen zum Teil ähnlich aus. Was sich jeweils ändert, ist fett gedruckt. Wenn ihr mit allem fertig seid, kontrolliert, dass ihr keine Seite vergessen habt und gebt dann ab. Wenn etwas unklar ist, erkläre ich es euch. Tragt auf der ersten Seite euer Geburtsdatum ein und kreuzt an, ob ihr

Junge oder Mädchen seid, dann könnt ihr mit den Geschichten anfangen“. Danach wurden die Fragebögen ausgeteilt.

Die Untersuchung der Erwachsenen wurde in Kleingruppensettings an der Universität Zürich durchgeführt. Die Instruktion folgte mit Ausnahme des Verweises auf Schule und Noten der für die Kinder (s.o.).

## 4.4 Ergebnisse

### 4.4.1 Unterschiede in den absoluten Bewertungen

Zunächst wurde geprüft, ob sich die absoluten Bewertungen der unverzögerten Ereignisse in Abhängigkeit der Altersgruppen bzw. des Ereignistyps (Geld oder Hilfe) unterschieden. Dies war bedeutsam, da gemäss dem Magnitude Effekt die Abwertung aufgrund von Verzögerung von dem Wert des unverzögerten Ereignisses abhängt. Die Abwertung ist für kleinere Werte höher. Abbildung 10 zeigt die absoluten unverzögerten Bewertungen, getrennt nach Ereignisrichtung, Ereignistyp und Alter.

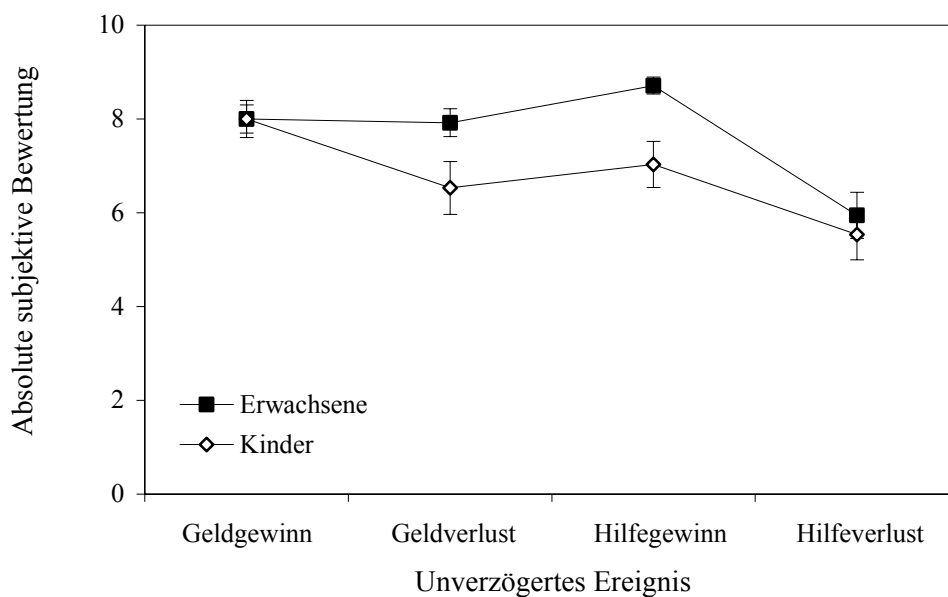


Abbildung 10. Absolute subjektive Bewertung der unverzögerten Ereignisse durch Kinder und Erwachsene.

Mittelwertvergleiche, die mittels t-Tests durchgeführt wurden, ergaben, bezogen auf die Bewertung des sofortigen Gewinns von Geld mit  $t(68) = .00$ , sowie bezogen auf die Bewertung des sofortigen Verlustes von Geld mit  $t(68) = 2.29$  keinen signifikanten Unterschied zwischen Kindern und Erwachsenen (bonferronikorrigiert alle  $p > .05$ ). Die



Bewertung des Hildegewinns unterschied sich mit  $t(66) = 3.48, p < .05$  hingegen bedeutsam zwischen den beiden Altersgruppen. Erwachsene bewerteten den unverzögerten Hildegewinn höher als die Kinder. Hinsichtlich der Bewertung der Hilfeleistung an anderen (Hilfeverlust) wurde der Altersunterschied wiederum nicht signifikant,  $t(66) = .57, p > .05$ . Ausserdem wurde ebenfalls mittels t-Tests der Frage nachgegangen, ob die Bemühungen der Voruntersuchung erfolgreich waren und sich unverzögerte finanzielle und Hilfeereignisse tatsächlich nicht in ihrer subjektiven Bewertung unterschieden. Dabei ergab sich nach Bonferroni-Korrektur in der Gruppe der Kinder weder bei Gewinnen mit  $t(60) = 1.54$  noch bei Verlusten mit  $t(60) = 1.28$  ein bedeutsamer Unterschied hinsichtlich des Ereignistyps (alle  $p > .05$ ). Bei den Erwachsenen bot sich das gleiche Bild für die Gewinne mit  $t(74) = 2.03, (p > .05)$ , allerdings unterschied sich die Bewertung der unverzögerten Geld- und Hilfeverluste mit  $t(74) = 3.45, p < .05$  signifikant.

Das heisst, Erwachsene bewerteten den unverzögerten Verlust von Geld höher als den unverzögerten Verlust von Hilfeleistung. Damit sind zumindest die finanziellen Werte und die Hilfewerte bei den Kindern sowie der Gewinn von Hilfe und Geld bei Erwachsenen in ihrer Bewertung vergleichbar, was bedeutsam ist für die nachfolgende Betrachtung der Discount-Faktoren.

#### **4.4.2 Unterschiede hinsichtlich der Discount-Faktoren**

Ausgehend von den subjektiven Einschätzungen der verschiedenen Ereignisse zu den unterschiedlichen Verzögerungszeiten wurden sogenannte Discount-Faktoren (DF) berechnet. Die Discount-Faktoren wurden als das Verhältnis von der Bewertung eines verzögerten Ereignisses zur Bewertung desselben, jedoch unverzögerten Ereignisses, berechnet. Dies lässt Vergleiche zwischen den einzelnen Abwertungen unabhängig von der absoluten Bewertung des unverzögerten Ereignisses zu. Die Berechnung erfolgte getrennt nach Alter, Ereignisrichtung, Ereignistyp und Verzögerungszeit. Je stärker ein Discount-Faktor von eins in Richtung null abweicht, desto grösser ist die Abwertung. So bedeutet z.B. ein Discount-Faktor von  $DF = .80$ , dass ein verzögertes Ereignis subjektiv nur noch 80% des unverzögerten Ereignisses wert ist. Es kann aber auch Discount-Faktoren grösser als eins geben, wenn nämlich die Verzögerung zu einem subjektiven Wertzuwachs führt.

Die Discount-Faktoren gingen als abhängige Variablen in eine ANOVA mit Messwiederholungen ein. Dabei ergab sich, dass das Alter mit  $F(1, 128) = 1.33, p = .25$ ,

die Ereignisrichtung mit  $F(1, 128) = .10$ ,  $p = .75$ , sowie das Geschlecht mit  $F(1, 128) = .61$ ,  $p = .44$ , als einzelne Faktoren keinen bedeutsamen Einfluss auf die Höhe der Discount-Faktoren ausübten. Die Verzögerungszeit mit  $F(3, 126) = 6.93$ ,  $p < .001$ , sowie der Ereignistyp mit  $F(1, 128) = 8.97$ ,  $p < .01$ , erwiesen sich dagegen als bedeutsam. Allerdings interagierten die Verzögerungszeit und der Ereignistyp miteinander,  $F(3, 126) = 3.22$ ,  $p < .05$ , was in Abbildung 11 dargestellt ist. Es wird deutlich, dass die Geldwerte aufgrund der Verzögerung deutlich an Wert verloren, während die Hilfewerte in ihren Werten eher stabil zu bleiben schienen. Auf dieses Phänomen wird später noch ausführlicher eingegangen.

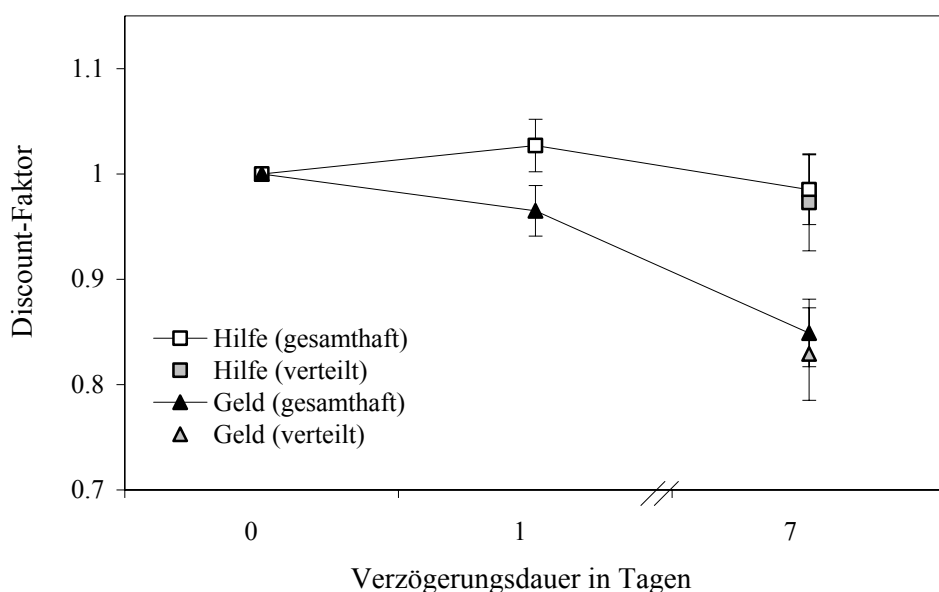


Abbildung 11. Discount-Faktoren von verzögerten Geld- und Hilfeereignissen, gemittelt über beide Altersgruppen.

Um vorerst die Frage zu beantworten, welche Discount-Faktoren sich unterschieden, und ob die Art der Verzögerung, also, ob ein Ereignis als Ganzes verzögert wird oder zu gleichen Teilen über die Zeit verteilt wird, einen Einfluss auf die subjektive Bewertung hat, wurden zwischen den einzelnen Verzögerungsstufen wiederholte Kontraste berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Abwertung aufgrund einer eintägigen Verzögerung statistisch nicht bedeutsam war,  $F(1, 128) = .05$ ,  $p = .82$ . Die Discount-Faktoren zwischen der eintägigen und der siebentägigen Verzögerung hingegen erwiesen sich als signifikant verschieden,  $F(1, 128) = 17.17$ ,  $p < .001$ . Bemerkenswert ist hier das Ergebnis, dass sich der Discount-Faktor für die siebentägige Verzögerung als Ganzes nicht von dem Discount-Faktor für die Verzögerung unterschied, bei der das Ereignis über sieben Tage verteilt wurde,  $F(1, 128) = .29$ ,  $p = .59$ , was für Geld- wie Hilfe-

werte galt. Dies bedeutet, dass die subjektive Bewertung des Gewinnes oder Verlustes von Geld bzw. Hilfe unabhängig davon war, ob das Ereignis sich als Ganzes verzögerte oder ob es zu gleichen Teilen über die Zeit verteilt wurde.

Der bereits erwähnte Zusammenhang zwischen Verzögerungszeit und Ereignistyp sowie die Interaktion zwischen Alter und Ereignistyp mit  $F(1, 128) = 4.93, p < .05$ , werden klarer, wenn man sich Dreifach-Interaktion zwischen der Verzögerungszeit, dem Alter und dem Ereignistyp,  $F(3, 126) = 3.85, p < .05$ , die in Abbildung 12 dargestellt ist, näher betrachtet. Die schwarzen Symbole stehen für die Discount-Faktoren der Erwachsenen, die weissen Symbole für die Discount-Faktoren der Kinder. Die grauen Symbole repräsentieren die Discount-Faktoren der Ereignisse, die zu gleichen Teilen über sieben Tage verteilt wurden. Es wird deutlich, dass die Kinder Hilfeverhalten aufgrund der Verzögerung nicht abwerteten, sondern eher noch dazu tendieren, es aufzuwerten. Die verzögerten finanziellen Ereignisse hingegen werteten sie deutlich ab. So war ihnen der Gewinn oder Verlust von 42 CHF nach einer Woche durchschnittlich nur noch 75% des ursprünglichen Wertes wert. Die Erwachsenen hingegen werteten sowohl Hilfeverhalten als auch die finanziellen Ereignisse aufgrund einer siebentägigen Verzögerung ab. Es ist zu erkennen, dass die Abwertung des Geldes durch die Kinder deutlich höher ist als durch die Erwachsenen.

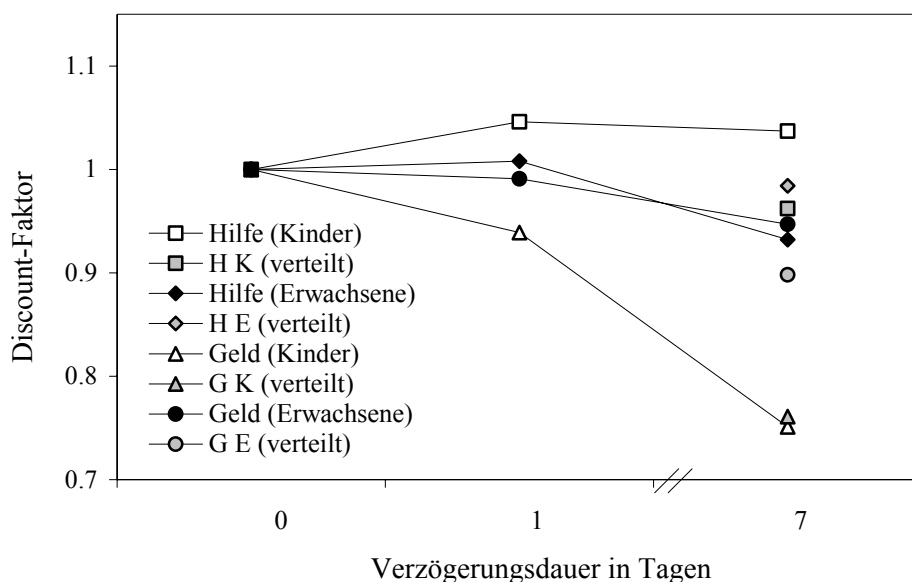


Abbildung 12. Discount-Faktoren für Hilfeverhalten und finanzielle Ereignisse in Abhängigkeit des Alters und der Verzögerung. (Anmerkung: H K: Hilfe Kinder; H E: Hilfe Erwachsene; G K: Geld Kinder; G E: Geld Erwachsene; jeweils verteilt über sieben Tage).

Im Anschluss durchgeführte t-Tests mit korrigiertem Alpha nach Bonferroni ergaben, dass sich die Discount-Faktoren für die gesamthafte siebentägige Verzögerung von Hilfeleistungen nicht bedeutsam zwischen Erwachsenen und Kindern unterscheiden,  $t(33) = 1.22, p > .05$ . Hinsichtlich der finanziellen Ereignisse zeigte sich, dass Kinder die Geldwerte aufgrund von Verzögerungen bedeutsam stärker abwerteten als Erwachsene,  $t(46) = 3.41, p < .01$ . Weiterhin wurde geprüft, inwieweit sich die Discount-Faktoren nach gesamthafter siebentägiger Verzögerung von den unverzögerten Werten unterscheiden, also ob aufgrund der Verzögerung überhaupt statistisch bedeutsam abgewertet wurde. Dies wurde ebenfalls mittels t-Tests, getrennt für die Altersgruppen und die Ereignistypen ermittelt. Hierbei ergab sich für die Stichprobe der Kinder ein bedeutsamer Unterschied lediglich bei den Geldwerten,  $t(31) = 4.88, p < .01$ , die durch die Verzögerung eine deutliche Abwertung erfuhren. Die Hilfewerte der Kinder blieben über die sieben Tage Verzögerung stabil,  $t(28) = .45, p = .66$ . Bei den Erwachsenen ergab sich das umgekehrte Bild, wonach diese die Hilfewerte bedeutsam abwerteten,  $t(37) = 2.88, p < .01$ . Die Abwertung der Geldwerte hingegen erwies sich nach der Bonferroni-Korrektur nicht mehr als bedeutsam,  $t(37) = 2.16, p > .05$  (ohne Korrektur:  $p = .04$ ). Somit wurden die Hilfewerte aufgrund der Verzögerung von sieben Tagen durch die Erwachsenen bedeutsam abgewertet, und zwar unabhängig davon, ob es sich um Hilfeleistung an anderen oder an einem selbst handelte. Die Geldwerte hingegen wurden durch die Erwachsenen nur tendenziell abgewertet.

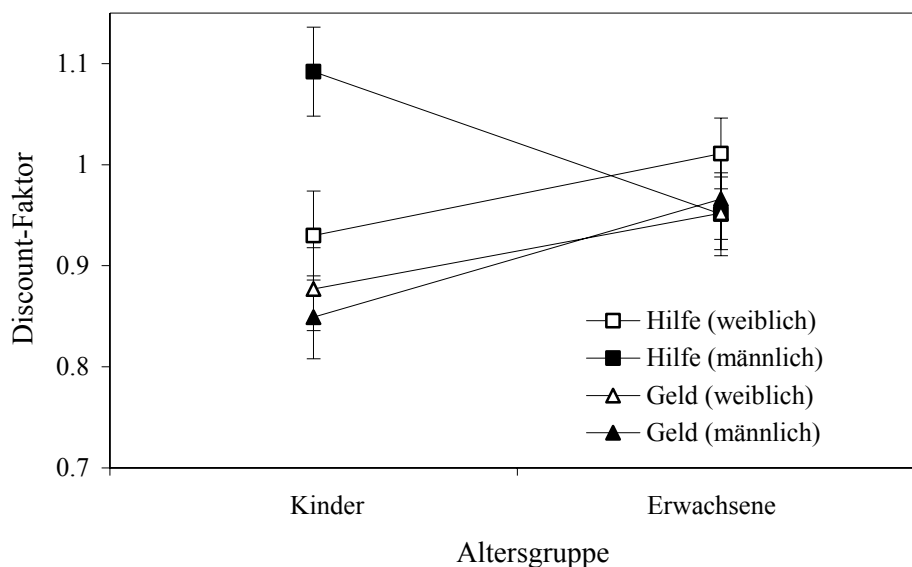


Abbildung 13. Discount-Faktoren für Hilfeverhalten und finanzielle Ereignisse in Abhängigkeit des Alters und des Geschlechts.

Weiterhin ergab sich eine Dreifach-Interaktion zwischen dem Alter, dem Ereignistyp und dem Geschlecht,  $F(1, 128) = 5.36, p < .05$ , die in Abbildung 13 dargestellt ist. Es wird deutlich, dass die hohe Bewertung der Hilfeleistungen in der Gruppe der Kinder zu einem grossen Teil auf die Jungen zurückging. Die ebenfalls signifikante Interaktion zwischen Alter, Ereignistyp und Ereignisrichtung mit  $F(1, 128) = 4.99, p < .05$  spezifiziert diesen Effekt, wobei ersichtlich wird, dass in dieser Altersgruppe offenbar besonders der Erhalt von Hilfeleistungen als hoch bewertet wird (vgl. Abb. 14).

Schliesslich wurde auch die Interaktion zwischen Verzögerungszeit, Ereignisrichtung und Geschlecht bedeutsam,  $F(3, 126) = 3.15, p < .05$ . Diese äusserte sich darin, dass die männlichen Probanden über alle Verzögerungszeiten Gewinne und Verluste stets etwas höher bewerteten als die weiblichen Probanden. Einzige Ausnahme stellten die Verluste dar, die über sieben Tage verteilt verzögert wurden. Hier war es so, dass die männlichen im Vergleich zu den weiblichen Probanden diese verteilten Verluste als deutlich geringer bewerteten. Ein im Anschluss durchgeführter t-Test konnte diesen Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Bewertung siebentägig verzögerter Verluste statistisch bekräftigen,  $t(136) = 2.10, p < .05$ .

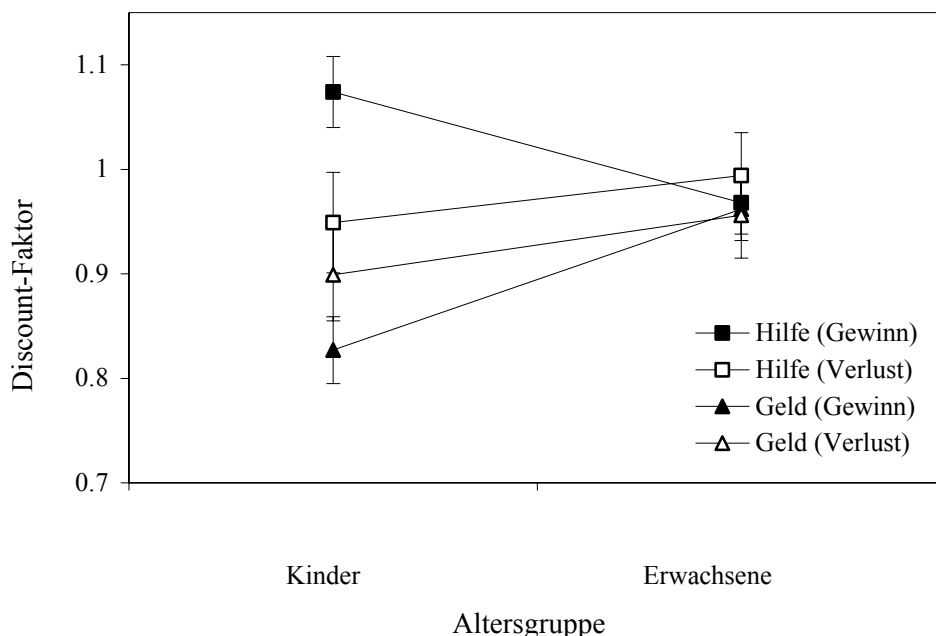


Abbildung 14. Discount-Faktoren für Hilfeverhalten und finanzielle Ereignisse in Abhängigkeit des Alters und der Ereignisrichtung.

#### 4.4.3 Form der Discount-Funktionen

Weiterhin sollte die Form der Discount-Funktionen betrachtet werden. Üblicherweise ergab sich in früheren Untersuchungen eine hyperbolische Abwertungsfunk-

tion mit über die Zeit abnehmender Abwertung, das heisst, die Discount-Faktoren nahmen mit zunehmender Verzögerung ab. Die Discount-Funktionen für die Hilfewerte wurden von der Analyse ausgeschlossen, weil sowohl Kinder als auch Erwachsene die Hilfewerte, die um einen Tag verzögert waren, nicht abwerteten, weswegen zu wenige Datenpunkte für die Analyse der Form der Discountfunktion blieben. Das generelle Ausbleiben der Abwertung von Hilfeereignissen durch die Kinder spricht allerdings an sich schon gegen eine hyperbolische Abwertung, nach der die Discount-Faktoren über die Zeit immer kleiner werden müssten. Um die Form der Discount-Funktionen für die Geldwerte zu überprüfen, wurden die Discount-Faktoren für Kinder und Erwachsene getrennt betrachtet. Für jede Stichprobe wurde ein t-Test berechnet, der prüfen sollte, inwieweit der Discount-Faktor für eine siebentägige Verzögerung von dem exponentiellen Trend abweicht, der sich aufgrund eines konstanten Discount-Faktors ergeben würde. Dafür wurde der Discount-Faktor für die eintägige Verzögerung benutzt und mit sieben potenziert. Die Exponent sieben ergab sich dabei aus der Anzahl der Verzögerungsintervalle der siebentägigen Verzögerung. Wäre der Discount-Faktor also über alle Intervalle konstant, hätte man bei den Kindern für die siebentägige Verzögerung einen Discount-Faktor  $DF = .65$  erwartet. Der tatsächliche Discount-Faktor von  $DF = .75$  weicht jedoch nur tendenziell davon ab,  $t(31) = 1.98, p = .06$ . Das heisst, man kann bei der Abwertung verzögerter Geldwerte durch die Kinder die Annahme eines konstanten Discount-Faktors nicht verwerfen. Der Discount-Faktor für die Erwachsenen sollte nach der siebentägigen Verzögerung unter Annahme einer Abwertung mit konstantem Faktor  $DF = .93$  betragen. Der tatsächliche Wert von  $DF = .95$  wich ebenfalls nicht bedeutsam von dem erwarteten Wert ab,  $t(37) = .60, p > .05$ . Somit muss man auch für die Erwachsenen einen über die Zeit konstanten Discount-Faktor annehmen.

Schliesslich wurde als weiterer Aspekt neben der Gruppenanalyse das individuelle Abwertungsverhalten, getrennt nach Altersgruppe und Ereignistyp, betrachtet. Die Analyse wurde über Gewinne und Verluste gemittelt durchgeführt, weil die Ereignisrichtung keinen Haupteffekt auf die Abwertung aufwies (s.o.). Hierbei wurde betrachtet, welcher Anteil der Probanden überhaupt eine Abwertung aufgrund der siebentägigen Verzögerung vorgenommen hat. Dazu wurden die Probanden der Kategorie „Abwertung: ja“ zugeteilt, wenn ihr Discount-Faktor für die siebentägige Verzögerung kleiner war als der unverzögerte Discount-Faktor, der per definitionem eins beträgt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Mit den Ergebnissen auf Gruppenebene vereinbar war das Ergebnis, dass mehr Personen Geldwerte als Hilfewerte abwerteten. Statistisch bedeutsam wurde dieser Unterschied allerdings bloss in der Gruppe der Kinder,  $\chi^2(1, N = 62) = 5.35, p < .05$ . Bemerkenswert ist, dass, in Abhängigkeit des Ereignistyps und des Alters, zwischen 22% und 50% der Personen keinerlei Abwertung vorgenommen haben. Darauf wird in der Diskussion noch Bezug genommen.

Tabelle 2

*Anzahl der Personen in Prozent, die eine Abwertung bzw. keine Abwertung aufgrund von Verzögerung vorgenommen haben, getrennt nach Altersgruppe und Ereignistyp*

Typ	Altersgruppe			
	Kinder		Erwachsene	
	Geld	Hilfe	Geld	Hilfe
Abwertung				
ja	78.1	50	60.5	55.3
nein	21.9	50	39.5	44.7
<i>n</i>	32	30	38	38

Eine individuelle Analyse der Abwertungsformen erscheint an dieser Stelle nicht sinnvoll, da es, abgesehen davon, dass ein gewisser Teil der Stichprobe aufgrund siebentägiger Verzögerung gar nicht abgewertet hat, auch 78 Probanden der Gesamtstichprobe von 138 Probanden keine Abwertung zwischen dem unverzögerten und dem um einen Tag verzögerten Ereignis vornahmen. Dadurch blieben wiederum zu wenig Datenpunkte, um auf die Form der individuellen Abwertungsfunktion zu schliessen.

## 4.5 Diskussion

Hinsichtlich der absoluten Bewertungen der unverzögerten Ereignisse konnten aufgrund der Voruntersuchung vergleichbare Gewinne und Verluste von Hilfe und Geld ausgewählt werden. Einzig nicht direkt vergleichbar waren bei den Erwachsenen der Gewinn und der Verlust von Hilfe, da der unverzögerte Hilfegewinn höher bewertet wurde als der unverzögerte Hilfeverlust, was darauf hindeutet, dass es bei den Erwachsenen eine Asymmetrie hinsichtlich der Bewertung von Hilfe zu geben scheint. Sie bewerten also den sofortigen Empfang einer Hilfeleistung subjektiv höher als die gleiche

Hilfeleistung, die sie sofort einer anderen Person zukommen lassen würden. Ausserdem bewerteten die Erwachsenen den Empfang der unverzögerten Hilfeleistung auch höher als die Kinder. Dies könnte vielleicht daran liegen, dass sich Erwachsene auf einer höheren moralischen Stufe befinden als Kinder (Kohlberg, 1971, zit. nach Montada, 1995) und daher auch uneigennützige Hilfe generell als ein höheres Gut ansehen. Bis auf die genannten Ausnahmen aber wurden die unverzögerten Gewinne und Verluste von Geld bzw. Hilfe innerhalb und zwischen der Altersgruppen gleich bewertet.

Betrachtet man nun die Discount-Faktoren, zeigte sich, dass verzögertes Hilfeverhalten im Vergleich zu verzögerten Geldwerten kaum abgewertet wird. Klarer wird der Effekt, wenn man die Discount-Faktoren getrennt für Kinder und Erwachsene betrachtet. Die Erwachsenen werteten Hilfe wie Geld aufgrund von Verzögerung ab, was allerdings nur für die Hilfewerte statistisch bedeutsam wurde. Kinder hingegen haben die Hilfewerte gar nicht, die Geldwerte dafür umso stärker abgewertet, was deutlich für eine Bereichsabhängigkeit des Discounting spricht, die zwar mit dem Alter abnimmt, aber nicht ganz verschwindet. Dieser Befund könnte ein Hinweis darauf sein, dass Hilfeverhalten für Kinder einen stabileren Wert hat als für Erwachsene. Erklären liesse sich der Effekt damit, dass Kinder aufgrund eingeschränkter Fähigkeiten und Freiheiten vielleicht noch stärker als Erwachsene auf Hilfe angewiesen sind. Unterstützt wird diese Annahme darin, dass die Kinder besonders den Hilfegewinn als sehr hoch bewerten. Eine andere Erklärung wäre, dass Kinder zur Bewertung von Hilfe ein anderes System benutzen als Erwachsene. Dazu rufe man sich nochmals das erwähnte „heisse“ und „kalte“ Bewertungssystem in Erinnerung (Metcalf & Mischel, 1999; vgl. Kapitel 2.2.3). Dort wurde angenommen, dass das heisse, emotionale System eher kurzfristige Folgen von Ereignissen betont, während das kalte, kognitive System eher langfristige Folgen betrachtet. Man könnte nun spekulieren, dass kleine Geldsummen als etwas Affektbezogenes, schnell Konsumierbares, eher durch das heisse System bewertet werden und dadurch aufgrund von Verzögerung abgewertet werden, weil diese den sofortigen Konsum verhindert. Hilfeverhalten hingegen könnte, weil es nicht nur funktional ist, sondern auch etwas über soziale Beziehungen und die eigenen Fähigkeiten aussagt, eher durch das kalte System bewertet werden und damit ohne Wertverlust verzögert werden, weil die Folgen von Hilfeverhalten auch langfristiger sind. Dass Erwachsene Hilfe aber dennoch abwerten, könnte daran liegen, dass Erwachsene sich mit Geld auch leichter Hilfe verschaffen können. Ausserdem sind Erwachsene aufgrund ihres Erwerbslebens eher mit der Umrechnung von Hilfe bzw. Arbeit in Geld und umgekehrt vertraut - damit



wären beide Konstrukte ähnlicher und würden vergleichbarem Abwertungsverhalten unterliegen. Bei Kindern könnten Geld und Hilfe noch unabhängiger voneinander sein, weswegen auch die Abwertung verschieden ist.

Schliesslich soll ein dritter Erklärungsansatz dafür gegeben werden, dass sich bei den Kindern neben der deutlichen Abwertung der Geldwerte bei den Hilfewerten eher noch die Tendenz zeigte, Hilfeverhalten aufgrund von Verzögerung aufzuwerten. Erinert man sich nochmals an die Theorie von Loewenstein (Loewenstein, 1987; Loewenstein & Schkade, 1999; Loewenstein, Weber, Hsee & Welch, 2001), dass allein schon die Antizipation von Gefühlen einen Nutzen bringen kann, was dazu führt, dass positive Ereignisse manchmal sogar bewusst verzögert werden, so kann man eine Parallele zur Nicht-Abwertung verzögerten Hilfeverhaltens ziehen. Offenbar kann die Aussicht, dass einem geholfen wird, dazu führen, dass sich ein Vorabnutzen aus dieser Erwartung entwickelt, so dass auch eine Verzögerung die Bewertung nicht reduziert. Umgekehrt kann auch die Aussicht darauf, dass man helfen muss, eine Art negativen Nutzen erzeugen, der der üblichen Abwertung durch Verzögerung entgegenwirkt. Dies sind allerdings nur Hypothesen, die eine empirische Grundlage erfordern. Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse zwischen Erwachsenen und Kindern zur Bereichsabhängigkeit, sollte eine mögliche Interaktion zwischen Alterseffekten und dem Einfluss unterschiedlicher Bereiche auf Beurteilungen verzögerter Ereignisse der Gegenstand weiterer Studien sein.

Eine weitere Erklärung für die bislang gefundenen Bereichsunterschiede im Discounting, die in anderen Untersuchungen auch bei Erwachsenen ausgemacht wurden, könnte der Magnitude Effect sein. Studien, die die Annahme der Bereichsunabhängigkeit des Discounted Utility Models von Samuelson (1937) in Frage stellten (Chapman & Elstein, 1995; Schoenfelder & Hantula, 2003), haben diesen potentiellen Zusammenhang stets vernachlässigt. Der Magnitude Effect beschreibt das Phänomen, dass grosse Werte aufgrund von Verzögerung langsamer abgewertet werden als kleine Werte (vgl. Kapitel 2.1.4). Somit könnten die Hinweise auf bereichsabhängige Discount-Faktoren auch daher stammen, dass der subjektive Wert der unverzögerten Ereignisse aus verschiedenen Domänen bereits differiert. Um diesem Manko zu begegnen, wurde in der Voruntersuchung versucht, Gleichwertigkeit zwischen Geldwerten und Hilfeverhalten herzustellen. Wie die Hauptuntersuchung ergab, gelang dies bei den Erwachsenen nur hinsichtlich des Gewinns von Geld und Hilfe. Bei den Kindern konnten ähnliche Bewertungen für Gewinne sowie Verluste von Geld und Hilfe nachgewiesen werden.

Die Analyse der Discount-Faktoren der Sechstklässler machte deutlich, dass es trotz gleicher Bewertung unverzögerter Geld- und Hilfeereignisse einen Unterschied in der Bewertung verzögerter Hilfe- und Geldwerte gab, was an dieser Stelle gegen den Einfluss des Magnitude Effects spricht. Um diesen Einfluss aber tatsächlich ausschliessen zu können, sollte die Schaffung vergleichbarer Ausgangswerte ein Standard weiterer Forschung zu bereichsabhängigem Discounting sein.

Ein weiteres bedeutsames Ergebnis des vorliegenden Experimentes war, dass sowohl Erwachsene als auch Kinder bezüglich ihrer Bewertung nicht zwischen einem als Ganzes verzögerten Ereignis und einem Ereignis, dass über die Zeit verteilt war, differenzierten. Read und Roelofsma (2003) haben eine stärkere Abwertung aufgrund dieser Portionierung postuliert (vgl. Kapitel 2.2.3). Allerdings haben sie ihre Probanden in ihren Experimenten zur portionierten Abwertung nach jedem einzelnen Verzögerungsschritt eine Neubewertung des Ereignisses abgeben lassen. Das heisst, die Probanden mussten beispielsweise angeben, was ihnen 20 CHF nach einem Tag wert wären. Dieser Wert wurde dann wiederum als Ausgangswert benutzt, um den nächsten Verzögerungstag zu bewerten etc. Im vorliegenden Experiment jedoch sollten sich die Probanden die Verteilung des Ereignisses als solche vorstellen, ohne die Zwischenschritte zu kalkulieren. Hierbei ergab sich kein Unterschied zu einer gesamthaften Verzögerung. Daraus kann man schliessen, dass die Portionierung, wie von Read und Roelofsma postuliert, nur dann einen verstärkenden Einfluss auf die Abwertung hat, wenn jeweils aktiv Zwischenbilanz gezogen wird. Auf alltägliche Ereignisse bezogen, in denen eine Art der Portionierung vorkommt, wie z.B. beim Ratenkauf, wird vermutlich nicht für jeden Monat diese Zwischenbilanz gezogen, die dann wiederum als Basis für die Abwertung des Folgemonats benutzt wird. Vielmehr ist anzunehmen, dass Personen sich die Raten als solche vorstellen und einmalig abwerten.

Schliesslich war es noch von Interesse, welche Form die Discount-Funktionen annehmen. Da Hilfeleistungen, die um einen Tag verzögert waren, weder von Erwachsenen noch von Kindern abgewertet wurden, konnte hier keine Formbestimmung stattfinden. Für die Geldwerte wich die Abwertung der Kinder und der Erwachsenen nicht statistisch bedeutsam von einer exponentiellen Funktion ab. Das heisst, der Discount-Faktor blieb für jede Verzögerungsperiode konstant. Das widerspricht bisherigen Befunden, nach denen finanzielle Werte hyperbolisch, also mit sich verringernden Discount-Raten abgewertet wurden. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die verzögerten Geldwerte von den Erwachsenen ohnehin relativ wenig abgewertet wurden. Das könnte

an der relativen Kürze der Verzögerung liegen. Es wäre anzunehmen, dass eine längere Verzögerung prägnanter ist und dadurch auch zu stärkerem Wertverlust führt, bei dem sich die hyperbolische Form besser ausprägen kann. In der bisherigen Discounting-Forschung, bei der sich die hyperbolischen Funktionen ergaben, wurden meist auch längere Verzögerungszeiten eingesetzt (vgl. Frederick, Loewenstein & O'Donoghue, 2003). Dass die Verzögerungszeiten tatsächlich eher zu kurz waren, dafür spricht auch das Ergebnis der Einzelanalysen, dass, je nach Ereignistyp und Altersgruppe, zwischen 22% und 50% der Probanden keinerlei Abwertung vorgenommen haben.

Eine weitere Erklärung könnte die zugrundeliegende Zeitrepräsentation sein, auf die in Kapitel 6.2 noch ausführlicher eingegangen wird. So wäre es möglich, dass Erwachsene für kurze Zeiten eher eine lineare, auf konventioneller Zeitmessung beruhende Zeitrepräsentation einsetzen, was in einer linearen Abwertung mündet. Über längere, schwieriger fassbare Zeiten hingegen könnte eine subjektive, eher hyperbolische Zeitrepräsentation zum Tragen kommen, die zu einer entsprechenden Discount-Funktion führt. Bei den Kindern hingegen fand sich zumindest tendenziell eine hyperbolische Abwertungsfunktion über sieben Tage. Hier könnte man argumentieren, dass jüngere Personen, wie auch im Kapitel 6.2 ausgeführt, kürzere Zeiten subjektiv länger repräsentieren als Erwachsene und ihre Repräsentation auch schon bei kürzeren Zeiten eine hyperbolische Form annimmt, was zu einer stärkeren und hyperbolischen Abwertung führen könnte (vgl. Abb. 30).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Hilfeverhalten von Erwachsenen aufgrund von Verzögerung ähnlich abgewertet wurde wie finanzielle Ereignisse, sich also keine bedeutsame Bereichsabhängigkeit gab. Bei den Kindern hingegen fand sich zwar eine Abwertung der Geldwerte, aber keine Abwertung des Hilfeverhaltens. Hilfeverhalten scheint für Kinder einen anderen Stellenwert zu besitzen als für Erwachsene und wird auch anders beurteilt als Geld. Ausserdem konnten frühere Befunde repliziert werden (Green et al., 1994; Green et al., 1999), dass Kinder verzögerte Geldwerte stärker abwerten als Erwachsene. Schliesslich machte es für Kinder wie für Erwachsene keinen Unterschied, ob ein Wert als Ganzes oder, in gleiche Teile verteilt, über die Zeit verzögert wurde.

## **4.6 Ausblick**

Weitere Untersuchungen zur Abwertung nicht-materieller Ereignisse aufgrund von Verzögerung sind nötig, um das Phänomen umfassender zu beleuchten. Besonderer

Augenmerk sollte aufgrund der Ergebnisse von Experiment 2 auf den Zusammenhang von Alter und Bereichsabhängigkeit auf die Abwertung gelegt werden. Für die weitere Forschung wäre es hilfreich, die Verzögerung stärker als nur zweifach abzustufen, um bessere Daten für die Schätzung der Discount-Funktion zu erhalten. Die Abstufungen der Verzögerung sollten zudem gleichabständig sein und in einem grösseren Zeitbereich liegen. Ausserdem wäre zu überlegen, ob man von hypothetischen Ereignissen absieht und Probanden mit realen Ereignissen konfrontiert. Allerdings liesse der ethische Rahmen hier kaum reelle Verlustereignisse zu.

Als ökologisch validere Untersuchung des Einflusses der Portionierung des verzögerten Ereignisses könnte man das Paradigma der Bezahlung auf Raten benutzen. Dabei könnte ermittelt werden, welchen Zinssatz die Personen akzeptieren, um eine Verzögerung des „Verlustes“ von Geld in Kauf zu nehmen.

Spannend wäre es weiterhin, eine mögliche Interaktion zwischen Alter und bereichsabhängigem Discounting näher zu untersuchen. Ein grösser angelegter Untersuchungsrahmen mit mehr als zwei Altersgruppen und mehr als zwei Inhaltsbereichen wäre dabei empfehlenswert. Schliesslich könnte es abseits der theoretischen Spekulationen aufschlussreich sein, mittels Interviewtechnik die Gründe zu explorieren, die Personen für die subjektive Wertminderung angeben. Einerseits könnte das die Theorie bereichern, andererseits könnte man vielleicht auch herausfinden, wie bewusst Discount-Prozesse ablaufen. Denn erst, wenn diese bewusst wären, wären sie auch kontrollierbar. Und in vielen Alltagssituationen wäre es hilfreich, wenn man kontrolliert auf kurzfristigen Nutzen verzichten und statt dessen auf den längerfristigen Nutzen warten könnte.

## 5 Experiment 3: Die Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes

### 5.1 Fragestellung

Experiment 3 bezieht sich inhaltlich auf einen anderen Bereich als die Experimente 1 und 2. Doch auch hier spielt das Urteilen unter Berücksichtigung der Zeit die zentrale Rolle. So geht es in diesem Experiment um die Entwicklung des intuitiven Wissens über nicht-lineares Mengenwachstum oder auch die Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes. Obgleich in anderen Domänen das Vorhandensein intuitiven Wissens bereits nachgewiesen werden konnte, wie z.B. im Bereich der Physik (vgl. Wilkening & Huber, 2002), ist die Forschung auf dem Feld der intuitiven Mathematik noch nicht sehr umfangreich. Besonders zur Fähigkeit, nicht-lineares Mengenwachstum zu schätzen, liegen kaum experimentelle Untersuchungen vor (vgl. Kapitel 2.2.4). Die wenigen entwicklungspsychologischen Untersuchungen dieser Fähigkeit haben sich zudem auf Probanden beschränkt, die nicht jünger waren als Fünftklässler (Suarez, 1977). Das Ziel dieser Studie sollte daher sein, die Befunde im Bereich der intuitiven Mathematik zu vermehren sowie die Untersuchung des Einflusses der Zeit auf Urteile und Entscheidungen auf einen weiteren Kontext auszuweiten.

Konkret sollte untersucht werden, inwieweit Kinder verschiedenen Alters sowie Erwachsene fähig sind, lineares und nicht-lineares Wachstum zu schätzen. Indikator für diese Fähigkeiten ist zum einen die Abweichung der Schätzungen vom normativen Wert. Dass dies ein relativ strenges Kriterium ist, wird deutlich, wenn man sich erinnert, dass selbst Erwachsene nicht-lineares Wachstum häufig unterschätzten (Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979). Daher soll als weiterer Indikator gelten, inwieweit sich die Schätzungen für lineares und nicht-lineares Wachstum unterscheiden. Liegt ein bedeutsamer Unterschied vor, kann davon ausgegangen werden, dass zwei getrennte Konzepte vorliegen, auch wenn deren Schätzung noch nicht normativ ist.

Ein zweites Untersuchungsziel ergab sich aus einem Anwendungsaspekt. So sollte geprüft werden, ob Übung einen positiven Einfluss auf die Schätzungen hat. Wäre dies der Fall, könnte das verwendete Übungsprinzip auf den schulischen Rahmen übertragen werden, um dort berichtete suboptimale Fähigkeiten der Schüler zu verbessern.

Schliesslich sollte untersucht werden, ob es einen Unterschied macht, ob von einer vorgegebenen Wachstumsdauer auf die resultierende Menge oder von einer gege-

benen Menge auf die Wachstumsdauer geschlossen werden sollte. Das zugrundeliegende Wissen wäre für beide Schätzrichtungen dasselbe, nur die Richtung der kognitiven Operationen wäre entgegengesetzt.

## 5.2 Methode

### 5.2.1 Stichprobe

An Experiment 3 nahmen insgesamt 160 Probanden teil (vgl. Tabelle 3). Darunter waren 128 Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen Schulen der Stadt Zürich sowie 32 Erwachsene, die zum Untersuchungszeitpunkt an der Universität Zürich Psychologie studierten. Die Teilnahme war für alle Probanden freiwillig. Bei den Schülerinnen und Schülern erfolgte sie mit Einverständnis der Eltern und Lehrer und wurde mit einer Süßigkeit belohnt. Die teilnehmenden Erwachsenen nahmen an einer Verlosung von 100 CHF teil.

Tabelle 3

*Alter und Geschlecht der Teilnehmenden der einzelnen Altersgruppen*

Alters- gruppe	Alter		Teilnehmerzahl		
	Durchschnitt	Spannweite	Gesamtzahl	weiblich	männlich
1. Klasse	7;0	5;11 - 7;11	32	16	16
3. Klasse	8;11	8;0 - 9;7	32	17	15
5. Klasse	11;1	10;0 - 12;1	32	23	9
7. Klasse	13;1	12;7 - 14;7	32	15	17
Erwachsene	28;0	20;1 - 63;7	32	22	10
Gesamt	13;2	5;11 - 63;7	160	93	67

### 5.2.2 Versuchsdesign

Als Within-Faktor wurde der Wachstumstyp variiert, diese konnte linear oder exponentiell sein. Ausserdem wurde innerhalb der Probanden die Schlussrichtung manipuliert, das heisst, von einer Wachstumsdauer sollte auf die resultierende Menge geschlossen werden und umgekehrt. Als Between-Faktor diente zum einen die Übung: ein Einzelversuch konnte mit oder ohne Übung ablaufen. Zum anderen wurde das Alter

mittels vier Gruppen von Schülerinnen und Schülern (1., 3., 5. und 7. Klasse) sowie einer Erwachsenengruppe abgestuft und das Geschlecht als weiterer Between-Faktor erhoben. Die Reihenfolge der beiden Wachstumstypen und der beiden Schlussrichtungen sowie die Zuteilung zu den Gruppen mit oder ohne Übung erfolgte randomisiert. Als abhängige Variablen dienten die geschätzten Wachstumsmengen bzw. die geschätzten Wachstumsdauern. Zusätzlich zu der gelegten Anzahl sollten die Probanden noch eine verbale Schätzung über ihre gelegte Anzahl abgeben.

### **5.2.3 Versuchsmaterial**

Die Prozesse des linearen und nicht-linearen Mengenwachstums wurden in Szenarien über Wasserpflanzen dargestellt. So gab es einen blauen Teller von 39 cm Durchmesser, der als See galt (s. Anhang). Weiterhin gab es zwei Kärtchen, auf denen je ein Bild einer Wasserpflanze sowie deren (hypothetisches) Vermehrungsverhalten schematisch dargestellt war. Der dargestellte Vermehrungsschritt ausgehend von einer Anzahl von drei Elementen war dabei kein Schritt, der später zu schätzen war. Bei der einen Wasserpflanze handelte es sich um eine Seerose, von der erzählt wurde, dass aus ihrer Wurzel jede Nacht ein neues Blatt wachsen würde (lineare Bedingung). Die andere Pflanze war eine Wasserlinse, von der erzählt wurde, dass sich alle Wasserlinsen im See in jeder Nacht teilen. Zur Schätzung der Mengen standen den Kindern für die Wasserlinsen 128 hellgrüne und für die Seerosenblätter 128 dunkelgrüne Holzkugeln von 8 mm Durchmesser in je einer Schachtel zur Verfügung. Ausserdem gab es 128 gelbe Holzperlen, die zur Schätzung der Wachstumsdauer eingesetzt wurden. Die Rahmengeschichte bestand darin, dass eine kleine Pappfigur „Paul“ zu bestimmten Tagen zum See käme und dann eine bestimmte zu schätzende Menge Wasserpflanzen erblicken würde. Die Wachstumsdauer umfasste eine Woche mit den Tagen von Montag bis Sonntag, die auf einem gelben Pappstreifen als Felder aufgetragen waren. Zur Bestimmung der geschätzten Menge gab es am Rand des Tellers einen kleinen Ausguss, durch den die Kugeln aus dem See in ein durchsichtiges Plastikrohr gefüllt werden konnten, dessen Füllhöhe der Versuchsleiterin Auskunft über die Menge gab.

### **5.2.4 Versuchsdurchführung**

Die Untersuchungen mit den Kindern wurden in den jeweiligen Schulen in zu diesen Zeiten unbenutzten Räumen durchgeführt. Die Untersuchung der Erwachsenen erfolgte in einem Versuchsraum der Universität Zürich.

Jeder Versuch begann damit, dass der Proband zufällig zu einer der acht Bedingungen (mit oder ohne Übung; je zwei Darbietungsreihenfolgen der Wachstumstypen bzw. der Schlussrichtungen; vgl. Abb. 15) zugeteilt wurde. Danach erfolgte ein Vortest, um sicherzustellen, dass die Probanden das Prinzip des Teilens verstanden hätten, weil dieses für den Rest des Experimentes bedeutsam war. Hierfür wurde das Rohr, das hinterher zum Messen der Kugeln eingesetzt wurde, gezeigt und gefragt, wie viele Stücke man erhalten würde, wenn man das Rohr einmal in der Mitte durchteilt. Meist gaben die Probanden die richtige Antwort. Waren sie völlig unsicher oder gaben die falsche Antwort, wurde die Fragestellung verdeutlicht und in Extremfällen ein Stück Papier statt des Rohres genommen, was die Lösung erleichterte. Letztlich haben dann alle Probanden das Teilen als Herstellung von zwei Stücken aus einem erkannt.

Anschliessend wurde das Geburtsdatum und das Geschlecht der Probanden erhoben. Dann wurde den Probanden gesagt, dass es im folgenden um eine Geschichte geht, in der Mengen von Pflanzen bzw. Wachstumsdauern zu schätzen sind. Es ginge dabei nicht um die korrekten Zahlen und daher sollte auch nicht gezählt oder gerechnet werden, sondern es ginge um gefühlsmässige Schätzungen.

Die Instruktion der Probanden mit Übung war wie folgt: „Stell dir vor, dieser Teller ist ein See. Und das hier (mit Hinweis auf die Pappfigur) ist Paul. Er kommt manchmal an den See und schaut ihn sich an. In diesem See wachsen Pflanzen, nämlich Wasserlinsenpflanzen. Eine von diesen Perlen (mit Hinweis auf die hellgrünen Perlen) soll jeweils eine Wasserlinsenpflanze sein“. Dann wurde den Probanden ein kleines Bild der Pflanzen gezeigt und erzählt, dass diese Pflanzen wie kleine Blättchen aussehen, die auf der Oberfläche des Sees schwimmen. Dies war wichtig, um die Vermehrungsform von der der Seerosen (s. unten) abzugrenzen. Es wurde weiterhin gesagt: „Stell dir vor, dass sich die Wasserlinsenpflanzen durch Teilung vermehren. Und zwar teilen sich alle Pflanzen, die im See sind, in jeder Nacht. Das heisst (mit Verweis auf das Vermehrungsschema auf einem Kärtchen), es gibt z.B. an einem Tag drei Pflanzen. Dann kommt die Nacht. Da teilen sich alle drei Pflanzen und am nächsten Tag gibt es sechs Pflanzen im See.“ Danach wurde das Kärtchen mit dem Vermehrungsschema in Sichtweite des Probanden aufgestellt und die Figur Paul auf dem Pappstreifen mit den Wochentagen auf den Montag gestellt. Es wurde gesagt: „Nun stell dir vor, heute ist Montag. Paul kommt an den See und sieht dort genau eine Wasserlinsenpflanze schwimmen (dazu wurde eine Kugel in den See gelegt). Danach kommt eine Nacht, in der sich die Pflanze teilt. Wieviele Pflanzen sieht Paul (rückt auf Dienstag) nun am



Dienstag im See? Leg so viele Perlen in den See, wie du glaubst, dass Paul am Dienstag sieht.“ Die gelegten Perlen verblieben dann im See und die Geschichte ging weiter. „Dann kommt wieder eine Nacht, in der sich alle Wasserlinsenpflanzen teilen. Wieviele sieht Paul am Mittwoch (unter Vorrücken) im See?“ Hierauf legte der Proband wiederum Perlen in den See. „Und nun kommt Paul ein paar Tage nicht und kommt erst am Sonntag wieder in den See (Paul wird vorgerückt). Das heisst, es sind seit Montag sechs Nächte vergangen, in denen sich immer alle Pflanzen geteilt haben. Was meinst Du, wie viele Pflanzen sieht Paul am Sonntag im See?“ Daraufhin legt der Proband wieder Kugeln in den See. Wenn die Anzahl der Kugeln deutlich nicht abgezählt war, was die Instruktion forderte, aber nicht immer eingehalten wurde, und wenn die Menge auch nicht mit einem Blick zählbar war, sollten die Probanden zudem die gelegte Menge schätzen. Nachdem die Versuchsleiterin die Anzahl der gelegten Kugeln gemessen hatte, wurde die tatsächlich gelegte Menge rückgemeldet.

Der erste Teil bezog sich auf die Schätzung der Wachstumsmenge aufgrund der Wachstumsdauer. Im folgenden ging es um die Schätzung der Wachstumsdauer aufgrund der Menge. Also ging das Experiment damit weiter, dass erzählt wurde, dass Paul eine Weile nicht an den See kam und als er wiederkam, sah er so viele Wasserlinsenpflanzen (alle 128 Kugeln wurden in den See gegeben). Gefragt wurde nun: „Was meinst du, wie viele Tage sind seit dem Montag, wo es nur eine Wasserlinsenpflanze gab, bis zu dem Tag, wo es so viele Wasserlinsenpflanzen gibt, vergangen?“ Bei mangelndem Verständnis der Frage, wurde auch gefragt: „Wieviele Tage ist diese Menge gewachsen?“ Die Aufforderung zur Schätzung war wie folgt: „Hier hast Du gelbe Perlen. Jede Perle soll ein Tag sein. Nun füll mal in diesen Becher so viele gelbe Perlen, wie du glaubst, dass Tage vergangen sind!“

Im Anschluss wurde der gesamte Trial wiederholt. Der Trial mit dem linearen Wachstumstyp war ähnlich aufgebaut. Nur wurde dann davon gesprochen, dass es sich um einen anderen See handele, in dem auch andere Pflanzen wachsen, nämlich Seerosen. Daraufhin wurde dem Proband ein Bild von Seerosen gezeigt und erklärt, dass die Seerosen eine Wurzel haben, die im Seeboden steckt und aus dieser Wurzel die Blätter rauswachsen, die auf dem See schwimmen. Ausserdem wurde das dazugehörige Vermehrungsschema auf einem kleinen Kärtchen gezeigt und wie folgt beschrieben: „Stell dir vor, dass bei den Seerosen jede Nacht genau ein neues Blatt aus der Wurzel rauswächst. Zum Beispiel hat die Pflanze an einem Tag drei Blätter. Dann kommt die Nacht, in der ein neues Blatt aus der Wurzel rauswächst und am nächsten Tag hat die

Pflanze vier Blätter.“ Das weitere Prozedere war das gleiche wie für das exponentielle Wachstum. Nach der Schätzung der Wachstumsmengen und der Wachstumsdauer wurde auch diese gesamte Trial wiederholt.

Oben beschriebene Versuchsdurchführung entsprach der Reihenfolge A mit Übung. Alle weiteren Bedingungen unterschieden sich lediglich in der Reihenfolge der Elemente bzw. der Weglassung des Elements Übung. Abbildung 15 fasst die Schemata der acht möglichen Abläufe zusammen.

<b>mit Übung:</b>					
<b>A</b>	2x exponentielles und 2x lineares Wachstum	Montag: Menge = 1	Dienstag: Menge legen & schätzen	Mittwoch: Menge legen & schätzen	Sonntag: Menge legen & schätzen
<b>B</b>	2x exponentielles und 2x lineares Wachstum	Montag: Menge = 1	Dienstag: Menge legen & schätzen	Mittwoch: Menge legen & schätzen	Tage legen & schätzen
<b>C</b>	2x lineares und 2x exponentielles Wachstum	Montag: Menge = 1	Dienstag: Menge legen & schätzen	Mittwoch: Menge legen & schätzen	Sonntag: Menge legen & schätzen
<b>D</b>	2x lineares und 2x exponentielles Wachstum	Montag: Menge = 1	Dienstag: Menge legen & schätzen	Mittwoch: Menge legen & schätzen	Tage legen & schätzen
<b>ohne Übung:</b>					
<b>A</b>	2x exponentielles und 2x lineares Wachstum	Montag: Menge = 1			Sonntag: Menge legen & schätzen
<b>B</b>	2x exponentielles und 2x lineares Wachstum	Montag: Menge = 1	Tage legen & schätzen		Sonntag: Menge legen & schätzen
<b>C</b>	2x lineares und 2x exponentielles Wachstum	Montag: Menge = 1			Sonntag: Menge legen & schätzen
<b>D</b>	2x lineares und 2x exponentielles Wachstum	Montag: Menge = 1	Tage legen & schätzen		Sonntag: Menge legen & schätzen

Abbildung 15. Die acht möglichen Versuchsbedingungen von Experiment 3 (Reihenfolgen A bis D, mit oder ohne Übung).

## 5.3 Ergebnisse

### 5.3.1 Schätzungen für siebentägiges lineares und exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppe

Zunächst wurde die Konsistenz der wiederholten Schätzungen der Wachstums-  
menge nach sieben Tagen mittels bivariater Korrelation, getrennt nach den beiden  
Wachstumstypen und den Altersgruppen, berechnet. Dabei ergab sich für die zwei  
Schätzungen des linearen Wachstums in jeder Altersgruppe ein signifikanter Zusam-  
menhang. Die Korrelationskoeffizienten betrugen für die Erstklässler  $r = .90$ , für die  
Drittklässler  $r = .96$ , für die Fünftklässler  $r = .61$ , für die Siebtklässler  $r = .99$  und für  
die Erwachsenen  $r = .87$  (alle  $p < .001$ , einseitig). Auch für die beiden Schätzungen des  
exponentiellen Wachstums ergaben sich signifikante Konsistenzen. Hierbei betrugen die  
Korrelationskoeffizienten für die Erstklässler  $r = .61$ , für die Drittklässler  $r = .77$ , für  
die Fünftklässler  $r = .53$ , für die Siebtklässler  $r = .73$  und für die Erwachsenen  $r = .88$   
(alle  $p \leq .001$ , einseitig). Man kann also für beide Wachstumstypen in allen Altersklas-  
sen von zufriedenstellenden Konsistenzen ausgehen, weswegen die Daten der Messwie-  
derholungen für die weiteren Analysen jeweils gemittelt wurden.

Tabelle 4

*Mittlere Mengenschätzung für Sonntag in Abhängigkeit des Wachstumstyps  
und der Altersgruppe*

Altersgruppe	Wachstumstyp			
	linear		exponentiell	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. Kl.	24.89	40.15	25.48	34.81
3. Kl.	13.33	24.05	30.61	36.34
5. Kl.	9.91	6.39	35.59	28.41
7. Kl.	11.47	21.65	49.39	36.06
Erwachsene	7.61	1.95	72.39	38.57

*Anmerkung.* Pro Altersgruppe  $n = 32$ .

Tabelle 4 zeigt die gemittelten Schätzungen für die Menge am Sonntag, getrennt  
für den Wachstumstyp und die Altersgruppe. Normativ sollten sich für das lineare

Wachstum sieben Seerosenblätter ergeben, für das exponentielle Wachstum 64 Wasserlinsenpflanzen.

### 5.3.2 Abweichung der Schätzungen für lineares und exponentielles Wachstum von der Norm sowie die Differenziertheit der Schätzungen

Um die Güte der Wachstumsschätzungen zu ermitteln, wurden auf Basis der Daten zuerst drei Koeffizienten berechnet. Zum einen wurden für beide Wachstumstypen die Abweichungen der Schätzungen für die Pflanzenmenge, die nach sieben Tagen, also am Sonntag, erwartet wurde, von der Norm ermittelt. Somit wurden von den Schätzungen des linearen Wachstums für Sonntag sieben subtrahiert, weil es normativ am Sonntag sieben Seerosenblätter gegeben hätte ( $\Delta$  Norm-linear). Von den Schätzungen des exponentiellen Wachstums für Sonntag wurden 64 subtrahiert, weil es normgemäss 64 Wasserlinsenpflanzen gegeben hätte ( $\Delta$  Norm-exponentiell). Der dritte Koeffizient, der Ausdruck der Differenziertheit der Schätzungen beider Wachstumstypen sein sollte, wurde aus der Differenz der exponentiellen Schätzung und der linearen Schätzung für Sonntag kalkuliert ( $\Delta$  exponentiell-linear).

Tabelle 5

*Ergebnisse der MANOVA für den Koeffizienten  $\Delta$  Norm-linear (Abweichung der Schätzung der linearen Wachstumsmenge nach sieben Tagen von der Norm)*

Quelle	<i>df</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Altersgruppe (A)	4	2.73*	.12	.035
Übung	1	.77	.01	.383
Reihenfolge	3	2.71	.09	.050
Geschlecht (G)	1	4.90*	.06	.030
A x G	4	2.57*	.11	.044
Fehler	82	(451.43)		

*Anmerkung.* Aufgeführt sind die Ergebnisse für die Between-Faktoren sowie ausschliesslich signifikante Interaktionen ( $p < .05$ ). Werte in Klammern repräsentieren mittlere quadrierte Fehler.

\* $p < .05$ .

Im folgenden wurde eine MANOVA berechnet, in die als Between-Faktoren die Altersgruppe, die Übung, die Reihenfolge sowie das Geschlecht eingingen. Von der Reihenfolge erwartete man keinen Effekt. Als abhängige Variablen wurden die drei obengenannten Koeffizienten der jeweiligen Abweichung der Schätzung vom Normwert sowie der Differenziertheit der Schätzungen zwischen beiden Wachstumstypen benutzt.

Tabelle 5 stellt die Ergebnisse der MANOVA für den Koeffizienten  $\Delta$  Norm-linear dar. Es wird deutlich, dass sowohl die Altersgruppe als auch das Geschlecht sowie deren Interaktion zu Unterschieden in der Normabweichung der Schätzung des linearen Wachstums führten. Die Übung hatte keinen Effekt.

Abbildung 16 verdeutlicht die Ergebnisse hinsichtlich der Altersgruppen. Wie ersichtlich wird, liegt eine Tendenz zur Überschätzung der Anzahl der linearen Menge nach sieben Tagen vor. Man kann erkennen, dass die Abweichung der Schätzungen für lineares Wachstum mit zunehmendem Alter erwartungsgemäss gegen null gehen, die Schätzungen sich damit also der Norm von sieben annähern.

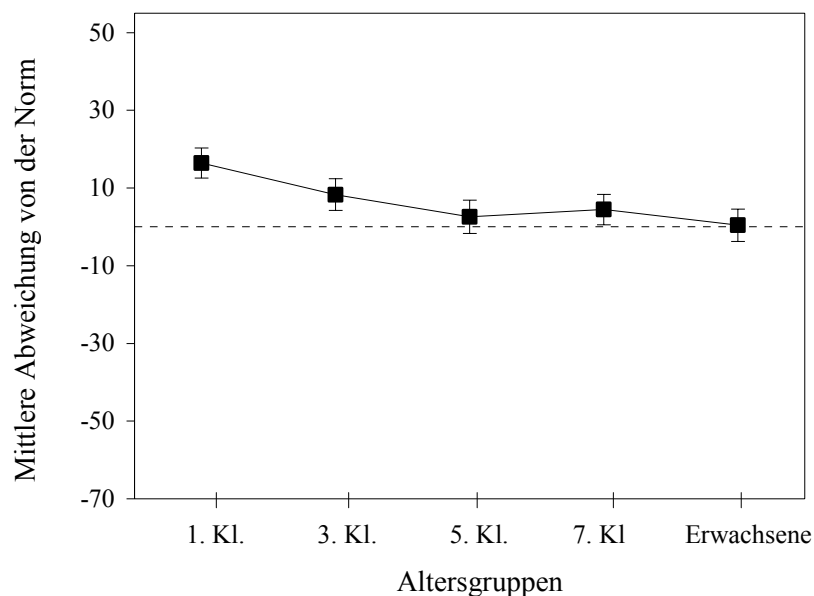


Abbildung 16. Mittlere Abweichung der Mengenschätzungen von der Norm für siebentägiges lineares Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen.

Um zu prüfen, zwischen welchen Altersgruppen Unterschiede bezüglich des Koeffizienten bestanden, wurden post hoc multiple Vergleiche nach Tukey-HSD durchgeführt. Dieser Test wurde gewählt, weil er sowohl das Alphafehler-Niveau kontrolliert als auch eine zumindest moderate Power besitzt (Erdfelder & Brandt, 2003). Dabei ergaben sich lediglich bedeutsame Unterschiede zwischen den Erst- und Fünftklässlern

sowie Erstklässlern und Erwachsenen (beide  $p < .05$ ). Das bedeutet, Erstklässler weichen mit ihren Schätzungen für lineare Wachstum deutlich stärker von der Norm ab als Fünftklässler und Erwachsene. Im Anschluss pro Altersgruppe durchgeführte t-Tests mit Bonferroni-Korrektur ergaben allerdings, dass sich die Schätzungen in keiner Altersgruppe statistisch bedeutsam von der Norm unterscheiden (alle  $p > .05$ ). Somit haben also alle Altersgruppen von der Norm nicht unterscheidbare Schätzungen für das lineare Wachstum abgegeben, was aufgrund der Einfachheit der Aufgabe auch erwartet wurde.

Der statistisch bedeutsame Haupteffekt des Geschlechts wird klarer, wenn man die ebenfalls signifikante Interaktion zwischen Altersgruppe und Geschlecht betrachtet (Abb. 17). Dabei wird deutlich, dass lediglich in der ersten Klasse die Normabweichungen der Jungen deutlich höher waren als die der Mädchen,  $t(30) = 2.38, p < .05$ . In den übrigen Altersgruppen unterscheiden sich Mädchen und Jungen nicht hinsichtlich der Normabweichung.

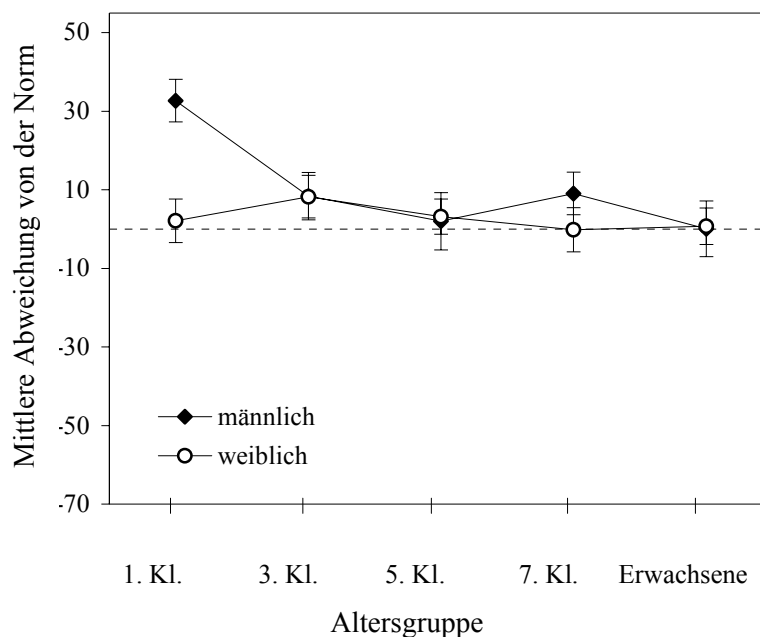


Abbildung 17. Mittlere Abweichung der Mengenschätzungen von der Norm für siebentägiges lineares Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen und des Geschlechts.

Im folgenden werden die Ergebnisse der MANOVA bezüglich der Abweichungen der Schätzungen für exponentielles Wachstum von der Norm von 64 vorgestellt. Wie Tabelle 6 zeigt, hatte wiederum erwartungsgemäss die Altersgruppe einen Effekt auf die Normabweichung der Schätzungen. Weiterhin waren auch das Geschlecht und

die Reihenfolge bedeutsam. Schliesslich ergab sich eine Dreifach-Interaktion von Übung, Altersgruppe und Geschlecht.

Tabelle 6

*Ergebnisse der MANOVA für den Koeffizienten  $\Delta\text{Norm}$ -exponentiell (Abweichung der Schätzung der exponentiellen Wachstumsmenge von der Norm nach sieben Tagen)*

Quelle	<i>df</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Altersgruppe (A)	4	8.87***	.30	.000
Übung (Ü)	1	.01	.00	.912
Reihenfolge	3	3.11*	.10	.031
Geschlecht (G)	1	6.30*	.07	.014
Ü x A x G	4	5.30**	.21	.001
Fehler	82	(1017.05)		

*Anmerkung.* Aufgeführt sind die Ergebnisse für die Between-Faktoren sowie ausschliesslich signifikante Interaktionen ( $p < .05$ ). Werte in Klammern repräsentieren mittlere quadrierte Fehler.

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

Abbildung 18 verdeutlicht den Effekt der Altersgruppe auf die Abweichungen der Schätzungen exponentiellen Wachstums von der Norm. Im Durchschnitt zeigte sich eine starke Tendenz, das exponentielle Wachstum zu unterschätzen. Diese Tendenz nahm jedoch mit zunehmender Altersgruppe ab. Bei den Erwachsenen ergab sich im Mittel sogar eine leichte Überschätzung ( $M = 8.39$ ,  $SD = 38.57$ ), auf die in der Diskussion noch eingegangen wird. Post-Hoc-Tests nach Tukey ergaben, dass sich die Normabweichungen der Erwachsenen von denen der Erst-, Dritt-, und Fünftklässler (alle  $p < .001$ ) sowie von denen der Siebtklässler ( $p = .05$ ) signifikant unterschieden. Ausserdem wurde auch der Unterschied zwischen den Erst- und Siebtklässlern statistisch bedeutsam ( $p < .05$ ). Zwischen den anderen Klassenstufen ergab sich hingegen kein bedeutsamer Unterschied. Das heisst, die Schätzungen der Erwachsenen wichen deutlich weniger von der Norm ab als die der Schülerinnen und Schüler, und auch die Siebtklässler zeigten normativere Leistungen als die Erstklässler.

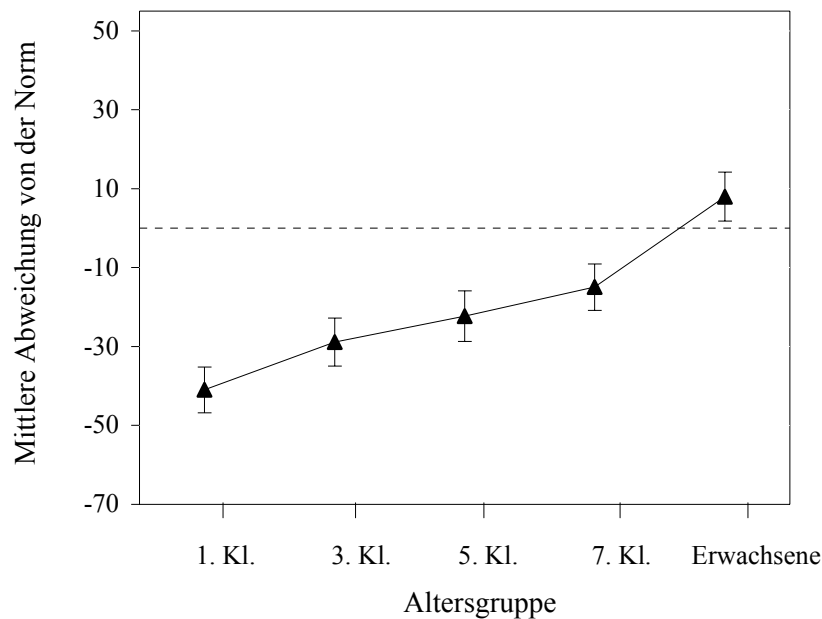


Abbildung 18. Mittlere Abweichung der Mengenschätzungen von der Norm für siebentägiges exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen.

Zur Abklärung, inwieweit die Schätzungen für exponentielles Wachstum sich tatsächlich statistisch bedeutsam von der Norm unterscheiden, wurde für jede Altersgruppe ein t-Test mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Dabei ergab sich für Erstklässler,  $t(31) = 6.26$ ,  $p < .01$ , Drittklässler,  $t(31) = 5.20$ ,  $p < .01$ , und Fünftklässler,  $t(31) = 5.66$ ,  $p < .01$ , jeweils ein bedeutsamer Unterschied. Die Schätzungen der Siebtklässler mit  $t(31) = 2.29$ ,  $p > .05$  und der Erwachsenen mit  $t(31) = 1.23$ ,  $p > .05$  unterschieden sich nicht bedeutsam von der Norm. Somit schätzten die Siebtklässler und die Erwachsenen das exponentielle Wachstum über sieben Tage normkonform, die jüngeren Kinder hingegen lagen mit ihren Schätzungen statistisch bedeutsam unter der Norm.

Der unerwartete, ohnehin schwache Effekt der Reihenfolge auf die Abweichung der Schätzungen des exponentiellen Wachstums von der Norm konnte in der Folge durch post hoc durchgeführte multiple Vergleiche nach Tukey konkretisiert werden. So war die Abweichung der exponentiellen Schätzungen von der Norm unter Reihenfolge B ( $M = -15.79$ ,  $SD = 40.48$ ) geringer als unter Reihenfolge C ( $M = -34.27$ ,  $SD = 30.46$ ),  $p < .05$ . Die Normabweichung unter der Reihenfolge D ( $M = -13.31$ ,  $SD = 42.85$ ) war wiederum geringer als die unter der Reihenfolge C,  $p < .05$ . Reihenfolge A unterschied sich bezüglich der Normabweichung der exponentiellen Schätzungen ( $M = -20.12$ ,  $SD = 37.90$ ) nicht von den anderen Reihenfolgen,  $p > .05$ . Man kann also festhalten, dass sich geringere Normabweichungen bei der Schätzung exponentiellen Wachstums ergaben, wenn, unabhängig davon, mit welchem Wachstumstyp begonnen wurde, zuerst



die Wachstumsdauer und danach die Wachstummenge geschätzt werden sollte (Reihenfolge B und D). Sollte hingegen zuerst die Wachstummenge des linearen Wachstums geschätzt werden, schien sich dies negativ auf die Normativität der exponentiellen Schätzung auszuwirken (Reihenfolge C).

Die Dreifach-Interaktion von Altersgruppe, Geschlecht und Übung ist in Abbildung 19 dargestellt. Dabei fällt auf, dass Jungen der dritten Klasse mit Übung in ihrer Schätzung eine deutliche Normabweichung aufwiesen, die grösser ist als die der Jungen der ersten Klasse. Die Jungen derselben Klassenstufe ohne Übung schätzten jedoch beinahe normativ. Ausserdem ist auch erkennbar, dass die Mädchen mit Übung über das Schulalter keinen bedeutsamen Entwicklungsfortschritt aufwiesen. Lediglich die erwachsenen Frauen lagen mit ihren Schätzungen nahe an der Norm. Deutlich wird auch ein grosser Unterschied zwischen den Normabweichungen der Männer und Frauen ohne Übung. Im Anschluss durchgeführte t-Tests mit Bonferroni-Korrektur bezüglich dem Faktor Übung, getrennt für die Altersgruppen und die Geschlechter, ergaben keinen bedeutsamen Effekt der Übung (alle  $p > .05$ ).

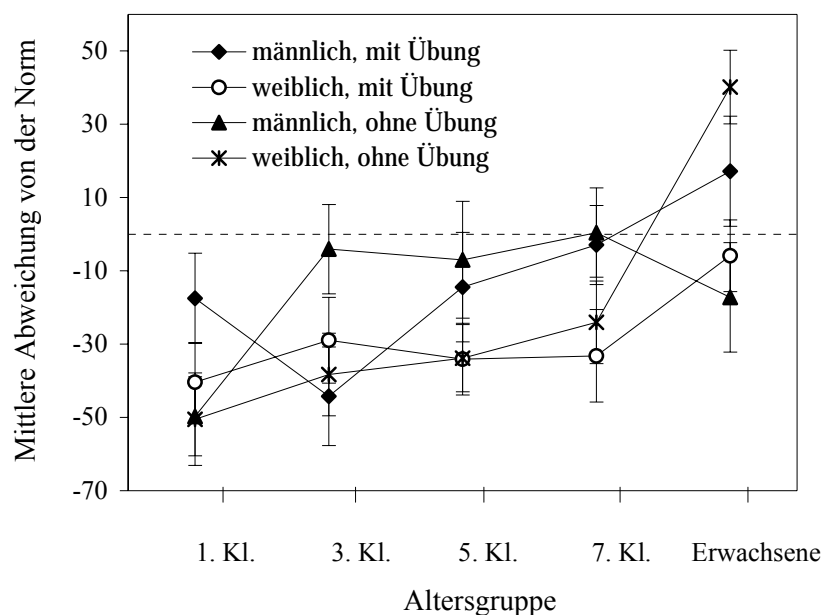


Abbildung 19. Mittlere Abweichung der Mengenschätzungen von der Norm für siebentägiges exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen, des Geschlechts und der Übung.

Schliesslich werden in Tabelle 7 die Ergebnisse der MANOVA für die Differenz zwischen den Schätzungen für exponentielles Wachstum und lineares Wachstum nach sieben Tagen aufgelistet. Dieser Koeffizient ist ein Indiz dafür, wie gut die Probanden in ihren Schätzungen zwischen beiden Wachstumstypen differenzierten.

Tabelle 7

*Ergebnisse der MANOVA für den Koeffizienten  $\Delta$  exponentiell-linear (mittlere Differenz zwischen der Schätzung der exponentiellen Wachstumsmenge und der Schätzung der linearen Wachstumsmenge nach sieben Tagen)*

Quelle	<i>df</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
Altersgruppe (A)	4	17.11***	.46	.000
Übung (Ü)	1	.55	.01	.460
Reihenfolge	3	2.17	.07	.098
Geschlecht (G)	1	1.22	.02	.273
Ü x A x G	4	5.25**	.20	.001
Fehler	82	(895.86)		

*Anmerkung.* Aufgeführt sind die Ergebnisse für die Between-Faktoren sowie ausschliesslich signifikante Interaktionen ( $p < .05$ ). Werte in Klammern repräsentieren mittlere quadrierte Fehler.

\*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

Erwartungsgemäss zeigte sich ein Effekt der Altersgruppen, der in Abbildung 20 dargestellt ist. Ausserdem ergab sich auch hier eine Dreifach-Interaktion von Übung, Altersgruppe und Geschlecht. Wie in Abbildung 20 ersichtlich ist, nahm die mittlere Differenz zwischen den Schätzungen für exponentielles und lineares Wachstum und damit auch die Fähigkeit, beide Wachstumstypen zu differenzieren, mit zunehmendem Alter zu.

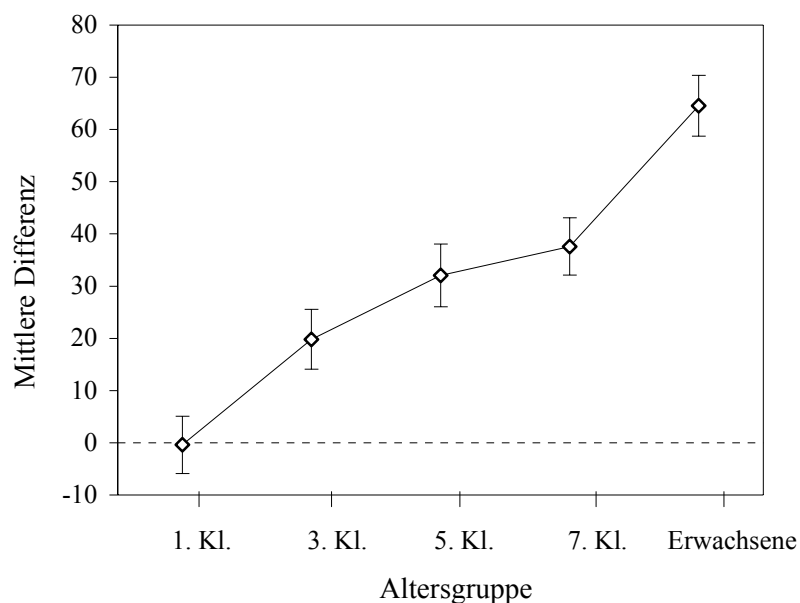


Abbildung 20. Mittlere Differenz zwischen den Mengenschätzungen für siebentägiges exponentielles Wachstum und denen für siebentägiges lineares Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen.

Auffällig ist vor allem, dass die Erstklässler keinerlei Differenzierungsfähigkeit aufweisen. Post hoc durchgeführte multiple Vergleiche nach Tukey ergaben, dass sich die Differenzen signifikant zwischen Erst- und Fünftklässlern ( $p = .01$ ), zwischen Erst- und Siebtklässlern ( $p < .001$ ) sowie zwischen Erstklässlern und Erwachsenen ( $p < .001$ ) unterschieden. Weiterhin unterschieden sich die Erwachsenen von den Schülern aller Klassenstufen mit  $p < .001$  bzw. für die Siebtklässler mit  $p < .01$ . Das bedeutet, Kinder der dritten, fünften und siebten Klasse unterschieden sich nicht hinsichtlich ihrer Differenzierungsfähigkeit der beiden Wachstumstypen. Aber Erstklässler wiesen eine deutlich geringere Differenzierungsfähigkeit als Kinder der 5. und 7. Klasse auf. Erwachsene zeigten dagegen eine deutlich höhere Differenzierungsfähigkeit als alle Gruppen der Schulkinder und lagen mit ihrem Mittelwert von 64.78 ( $SD = 38.62$ ) sogar leicht über dem Normwert von  $64 - 7 = 57$ , was grösstenteils auf die Überschätzung in der Bedingung für exponentielles Wachstum bei den Frauen zurückzuführen ist (vgl. Abb. 19).

Zur Prüfung, inwieweit sich die Differenz der Schätzungen statistisch signifikant von null unterschied, wurde für jede Altersgruppe ein t-Test mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Dabei ergab sich, dass Erstklässler noch nicht bedeutsam zwischen den beiden Wachstumstypen unterschieden,  $t(31) = .10$ ,  $p > .05$ . Drittklässler,  $t(31) = 3.63$ ,  $p < .01$ , Fünftklässler,  $t(31) = 4.90$ ,  $p < .01$ , Siebtklässler,  $t(31) = 6.10$ ,  $p < .01$ , und Erwachsene,  $t(31) = 9.49$ ,  $p < .01$ , hingegen unterschieden in ihren Schätzungen exponentielles von linearem Wachstum auf bedeutsame Weise.

Abbildung 21 stellt die Dreifach-Interaktion von Altersgruppe, Geschlecht und Übung dar. Auffällig ist dabei, dass sich bei den Mädchen mit Übung über das Schulalter kein Alterstrend zeigt. Lediglich die erwachsenen Frauen weisen eine höhere Differenzierungsfähigkeit auf als die Schülerinnen. Bei den Jungen ohne Übung hingegen zeigt sich ein Einfluss des Alters hauptsächlich zwischen erster und dritter Klasse. Danach bleibt die Differenzierungsfähigkeit bis ins Erwachsenenalter eher stabil. Bei den beiden anderen Substichproben der Jungen mit Übung bzw. der Mädchen ohne Übung wird der erwartete altersabhängige Fortschritt in der Differenzierungsfähigkeit deutlich. Im Anschluss durchgeführte t-Tests mit Bonferroni-Korrektur bezüglich dem Faktor Übung, getrennt für die Altersgruppen und das Geschlecht, ergaben keinen bedeutsamen Effekt der Übung (alle  $p > .05$ ).

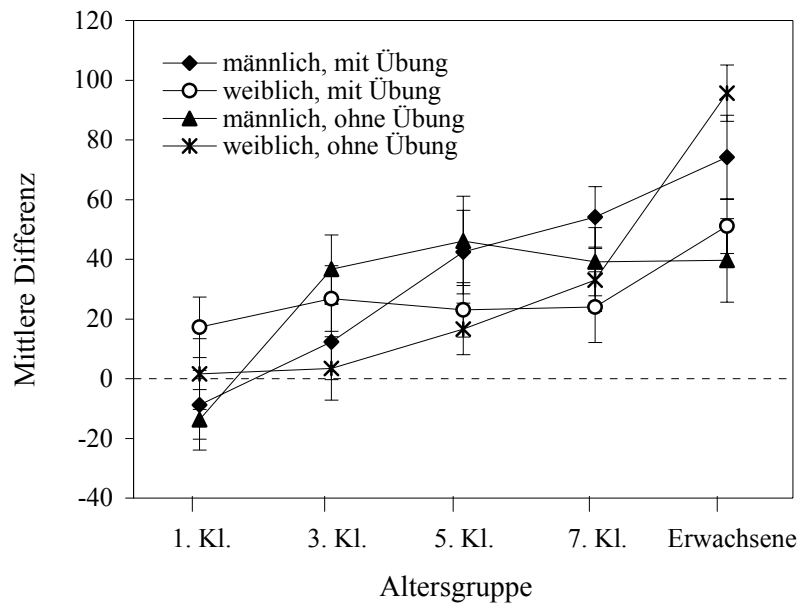


Abbildung 21. Mittlere Differenz der Mengenschätzungen für siebentägiges exponentielles Wachstum von den Schätzungen für siebentägiges lineares Wachstum in Abhängigkeit der Altersgruppen, des Geschlechts und der Übung.

Schliesslich sollen die Schätzungen der Erstklässler für siebentägiges lineares und exponentielles Wachstum detailliert betrachtet werden. Wie bereits beschrieben wurde, differenzierten die Erstklässler in ihren Schätzungen nicht zwischen linearem und exponentiellem Wachstum. Bei der Versuchsdurchführung wurde jedoch deutlich, dass die Mengenschätzungen teilweise von der Reihenfolge des Versuchs abhingen. Das heisst, wurde z.B. mit dem linearen Wachstum begonnen, erschien es, dass die Erstklässler danach auch das exponentielle Wachstum eher linear schätzten und umgekehrt. Abbildung 22 stellt die absoluten Mengenschätzungen der Erstklässler für siebentägiges lineares und exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Darbietungsreihenfolge dar.

Es bestätigt sich der bereits beschriebene Befund, dass die Erstklässler kaum zwischen linearem und exponentiellem Wachstum unterschieden. Tendenziell ergab sich aber eine Überschätzung des linearen Wachstums in den Reihenfolgen A und B, wenn also mit dem exponentiellen Wachstum begonnen wurde. Unter den Reihenfolgen C und D wurde das lineare Wachstum hingegen viel besser geschätzt. Ebenfalls bemerkenswert ist das Schätzverhalten unter Reihenfolge C, also wenn zuerst die lineare Menge für Sonntag geschätzt werden musste. Hier entsprach die lineare Schätzung der Norm, die exponentielle Schätzung aber war besonders gering und unterschied sich nicht von der linearen Schätzung.

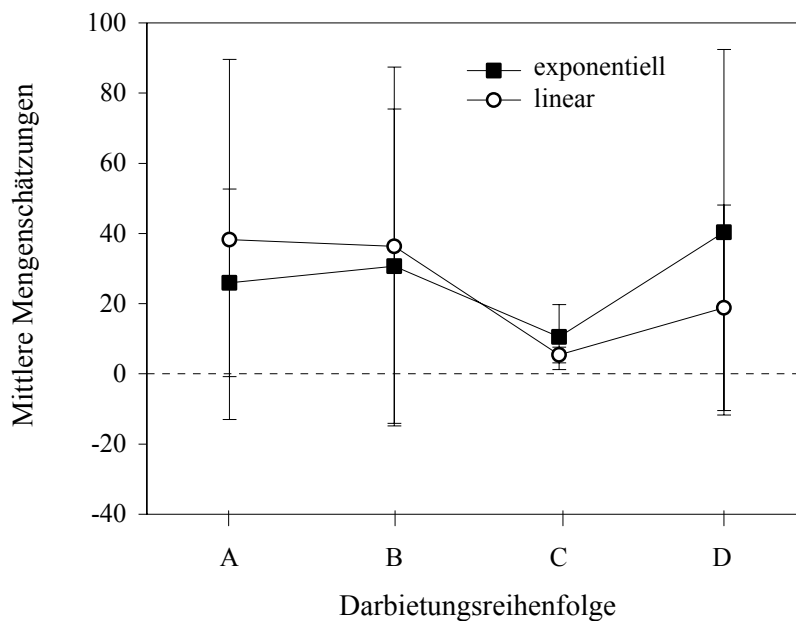


Abbildung 22. Mittlere Mengenschätzungen der Erstklässler für siebentägiges lineares und exponentielles Wachstum in Abhängigkeit der Versuchsreihenfolge.

Auch sind die Standardfehler bei der Reihenfolge C aussergewöhnlich gering. Statistisch lassen sich diese Tendenzen jedoch nicht absichern, weil die Anzahl der Erstklässler für jede Reihenfolge nur etwa acht betrug. Das Phänomen, das sich hier andeutet, dass sich Erstklässler durch die Reihenfolge in ihren Schätzungen beeinflussen liessen, wird in der Diskussion noch ausführlicher behandelt.

### 5.3.3 Individuelle Schätzstrategien in Abhängigkeit vom Alter

Es sollte weiterhin auf Individualebene geprüft werden, welche Strategien die Probanden benutzt haben, um die exponentielle Wachstumsmenge nach sieben Tagen zu schätzen. Aufgrund der Datenstruktur konnte kein adäquater Kurvenanpassungstest durchgeführt werden, da die Abstände der geschätzten Tage nicht gleich war. Um dennoch auf zugrundeliegende Strategien schliessen zu können, wurde einerseits betrachtet, inwieweit in der Gruppe mit Übung die Mengenschätzung für den dritten Messzeitpunkt (Mittwoch) eher einem linearen oder exponentiellen Prinzip folgte. Anschliessend wurde über die Gruppen mit und ohne Übung analysiert, inwieweit die Schätzungen für Sonntag eine lineare, indifferente oder exponentielle Strategie vermuten lassen. Zunächst wurde also betrachtet, inwieweit sich in der Gruppe mit Übung für die Schätzung der Menge am Mittwoch bereits ein linearer bzw. exponentieller Trend abzeichnete.

Für das exponentielle Wachstum betrug die normative Menge am Mittwoch vier Pflanzen. Hierzu wurden die Probanden zwei Gruppen zugeordnet. War ihre Schätzung kleiner oder gleich drei, wurden sie der linearen Gruppe zugeteilt, war ihre Schätzung grösser drei, kamen sie in die exponentielle Gruppe. Da es auch zu Überschätzungen kam, wird diese nicht exponentielle Gruppe genannt. Abbildung 23 zeigt die Anzahl der Personen pro Altersgruppe ( $n = 16$ ) unter der Bedingung „mit Übung“, die der jeweiligen Gruppe zugeordnet wurden.

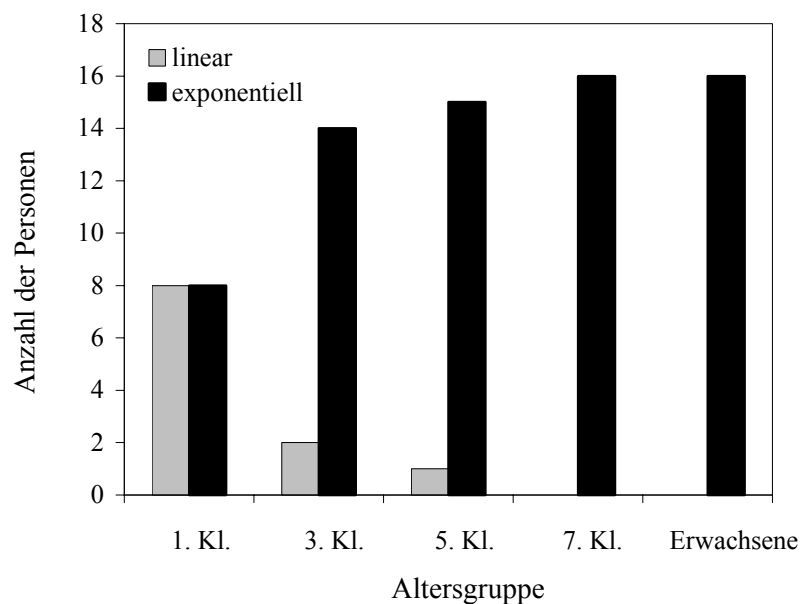


Abbildung 23. Anzahl der Personen, die unter der Bedingung „mit Übung“ eine lineare bzw. exponentielle Strategie zur Schätzung des exponentiellen Wachstums für Mittwoch benutzten (pro Altersgruppe  $n = 16$ ).

Es wird deutlich, dass nur die Hälfte der Erstklässler bereits im Übungsteil für Mittwoch eine exponentielle Strategie zeigte. Damit konnte die Übung bei der Gruppe mit der linearen Strategie auch nicht erfolgreich sein, da sie die „falsche“ Strategie geübt haben. In den höheren Altersgruppen überwog dann allerdings die normative Strategie. Die Dominanz der exponentiellen Strategie konnte durch Chi-Quadrat-Tests sowohl in der dritten,  $\chi^2(1, N = 16) = 9.00, p < .01$ , als auch in der fünften Klasse,  $\chi^2(1, 16) = 12.25, p < .001$ , bestätigt werden. Siebtklässler und Erwachsene schätzten das exponentielle Wachstum für Mittwoch ohnehin nicht mehr linear.

Von grösserer Bedeutung waren nun die Schätzstrategien für das exponentielle Wachstums am Sonntag. Die mittlere Schätzung hierbei betrug über alle Altersgruppen  $M = 42.69$  ( $SD = 38.48$ ), das Minimum lag bei 2, das Maximum bei 128. In Abhängigkeit des Altersverlaufs wurde erwartet, dass die exponentielle und damit normative Stra-

ategie zunehmen würde, und die lineare Strategie abnehmen sollte. Da die Übung keinen Effekt auf die Normativität der Schätzungen hatte (vgl. Tabelle 6), wurden die mittleren Schätzungen für exponentielles Wachstum der Probanden beider Übungsgruppen berücksichtigt. Es wurden alle Personen einer von drei möglichen Kategorien zugeordnet. Diese Kategorien wurden als „exponentielle Strategie“, „lineare Strategie“ und „indifferente Strategie“ bezeichnet. Als Basis für diese Zuordnung wurden die mittleren Schätzungen und Standardabweichungen der Erwachsenen benutzt. Auch wenn deren Schätzungen nicht perfekt waren, so lagen sie doch sehr nah am Normwert. Die Erwachsenen schätzten die lineare Menge (Norm: 7) mit  $M = 7.61$  ( $SD = 1.95$ ) und die exponentielle Menge (Norm: 64) mit  $M = 72.39$  ( $SD = 38.57$ ). Die jeweiligen Standardabweichungen wurden nun so an den Normwert gelegt, dass sich die lineare Kategorie als der Bereich der Schätzungen  $S \leq 7 + 1.95$  und die exponentielle Kategorie als der Schätzbereich  $S \geq 64 - 38.57$  definierte. Alle Schätzungen, die dazwischen lagen, also grösser als 8.95 bzw. kleiner als 25.43 waren, wurden der Kategorie „indifferente Strategie“ zugeordnet. Abbildung 24 zeigt die verschiedenen Strategien in Abhängigkeit der Altersgruppe.

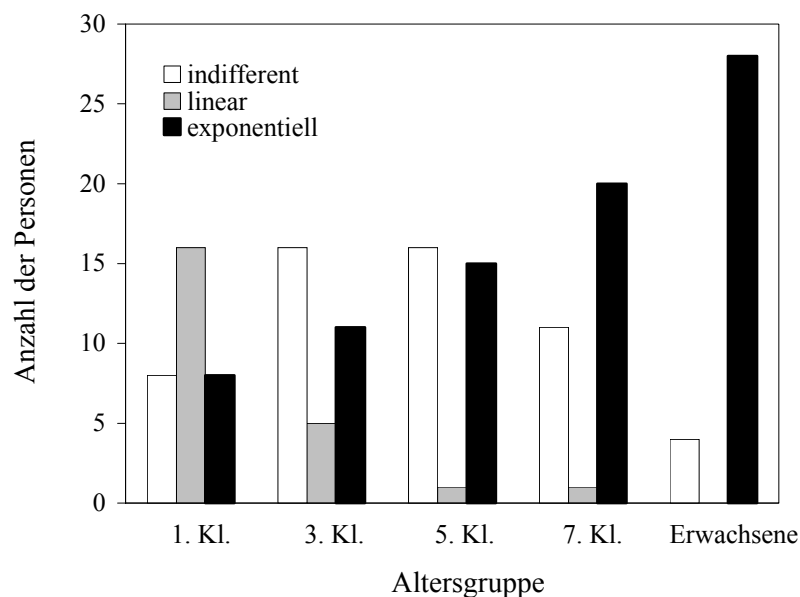


Abbildung 24. Anzahl der Personen, die eine lineare, exponentielle bzw. indifferente Strategie zur Schätzung des exponentiellen Wachstums für Sonntag benutzten (pro Altersgruppe  $n = 32$ ).

Deutlich wird, dass für die Schätzung der Menge am Sonntag erwartungsgemäss die Nutzung der linearen Strategie mit zunehmendem Alter abnahm, die Nutzung der exponentiellen Strategie dagegen zunahm. Die indifferente Strategie wies einen umgekehrt u-förmigen Verlauf auf. Diese Strategie wurde der Gruppe von Probanden zuge-

sprochen, die das exponentielle Wachstum zwar nicht mehr linear schätzt, jedoch auch noch zu geringe Schätzungen abgibt, als dass diese für exponentiell gehalten werden könnten.

Zur statistischen Absicherung der erwähnten Verläufe wurde für jede Strategie ein Chi-Quadrat-Test mit der Altersgruppe als Testvariable gerechnet. Dabei ergab sich für die lineare Strategie ein bedeutsamer Unterschied ihrer Verwendungshäufigkeit in Abhängigkeit der Altersgruppe,  $\chi^2(3, N = 23) = 26.22, p < .001$ , wobei die Erstklässler ( $n = 16$ ) im Vergleich zu den übrigen Altersgruppen ( $n \leq 5$ ) am häufigsten die lineare Strategie benutzten. Für die indifferente Strategie zeigte sich ebenfalls ein Zusammenhang zur Altersgruppe,  $\chi^2(4, N = 55) = 9.82, p < .05$ , der allerdings geringer ausfällt. Das lässt sich darauf zurückführen, dass die Verwendung dieser Strategie über das Alter einen umgekehrt u-förmigen Verlauf aufwies, was auch anhand der Residuen deutlich wurde. Schliesslich ergab sich auch bei der normativen, exponentiellen Strategie eine signifikante Relation zum Alter,  $\chi^2(4, N = 82) = 15.20, p < .01$ , wonach die Verwendung dieser Strategie erwartungsgemäss am seltensten bei den Erstklässlern war ( $n = 8$ ) und am häufigsten bei den Erwachsenen ( $n = 28$ ). Dennoch wendeten immerhin 25% der Erstklässler zur Schätzung der exponentiellen Menge am Sonntag eine exponentielle Strategie an.

Zum Zusammenhang der Strategienutzung für die Schätzung der Wachstumsmenge am Mittwoch und am Sonntag ist festzuhalten, dass sieben der acht Erstklässler, die für Mittwoch eine exponentielle Strategie benutzten, auch für Sonntag eine indifferente bzw. exponentielle Strategie zeigten. Nur einer fiel auf die lineare Strategie zurück. Die 14 Drittklässler, die für Mittwoch eine exponentielle Strategie nutzen, haben für Sonntag ebenfalls eine exponentielle oder indifferente Strategie angewendet. Gleiches galt für die 15 Fünftklässler sowie die je 16 Siebtklässler und Erwachsenen. Das bedeutet, dass die Strategienutzung sich schon bei kurzen Wachstumszeiten zeigt und weiterhin recht stabil verwendet wird.

#### **5.3.4 Numerische Schätzgenauigkeit**

Die Probanden mussten, wie bereits erwähnt, die gewachsene Pflanzenmenge bzw. die Wachstumsdauer jeweils mittels Holzkugeln schätzen, die sie in ein Behältnis legten. Auf die Resultate hierzu wurde im oberen Teil eingegangen. Danach wurden sie aufgefordert, eine numerische Schätzung abzugeben, wie viele Kugeln sie gelegt hatten. Diese Frage wurde aber nur gestellt, wenn die Menge grösser als etwa zwölf und damit



auf den ersten Blick zahlenmässig nicht schätzbar war, und wenn man davon ausgehen konnte, dass die Probanden die Anzahl der Kugeln nicht gezählt hatten, indem sie diese einzeln in das Behältnis gelegt hatten. Die Probanden bekamen nach ihrer numerischen Schätzung eine Rückmeldung über die tatsächliche Anzahl im Behältnis. Damit sollte sichergestellt werden, dass eventuelle Abweichungen der mit den Holzkugeln geschätzten Mengen und Dauern nicht auf systematische und z.B. altersabhängige Verzerrungen der numerischen Schätzungen zurückgeführt werden konnten.

Um zu prüfen, inwieweit es tatsächlich Altersunterschiede bezüglich der numerischen Schätzungen gab, wurden zunächst, getrennt für das lineare und exponentielle Wachstum sowie die zwei Schätzrichtungen, Differenzen gebildet aus den gelegten Schätzungen und den dazugehörigen numerischen Schätzungen. Das ergab maximal  $2(\text{Wachstumstyp}) \times 2(\text{Schätzrichtung}) \times 2(\text{Messwiederholung})$  Differenzen pro Person. Häufig waren es aber weniger, weil nicht immer die Bedingungen für die numerische Schätzung erfüllt waren (s.o.). Um den potentiellen Einfluss der absoluten Menge auf die numerische Schätzung zu relativieren, wurden diese Differenzen jeweils durch die Menge der gelegten Kugeln geteilt und mit hundert multipliziert. Daraus ergab sich die prozentuale Abweichung der numerisch geschätzten von der gelegten Menge. Hundert Prozent entsprachen dabei der Abweichung der numerischen von der gelegten Schätzung um den Betrag der gelegten Schätzung. Um das Problem der fehlenden Daten zu vermindern, wurden zudem die vorliegenden relativen Differenzen pro Person gemittelt. Abbildung 25 zeigt die mittleren relativen Differenzen zwischen gelegten und numerisch geschätzten Mengen.

Über die Daten von 148 Probanden kam es zu einer mittleren relativen Differenz von 30.11 ( $SD = 16.01$ ), dass heisst, die numerischen Schätzungen wichen von den gelegten Schätzungen, unabhängig von der Richtung der Abweichung, durchschnittlich um rund 30% ab. Dieser Wert war in allen Altersgruppen ähnlich. Eine Abhängigkeit vom Alter konnte auch eine einfaktorielle ANOVA nicht bestätigen,  $F(4, 147) = 1.93$ ,  $p = .11$ . Damit kann man sagen, dass sich die relativen Abweichungen der gelegten von den numerischen Schätzungen zwischen den Altersgruppen nicht unterschieden. Erwähnenswert bleibt aber, dass die Variabilität der Schätzdifferenzen bei den Erstklässlern deutlich höher war als bei den übrigen Altersgruppen.

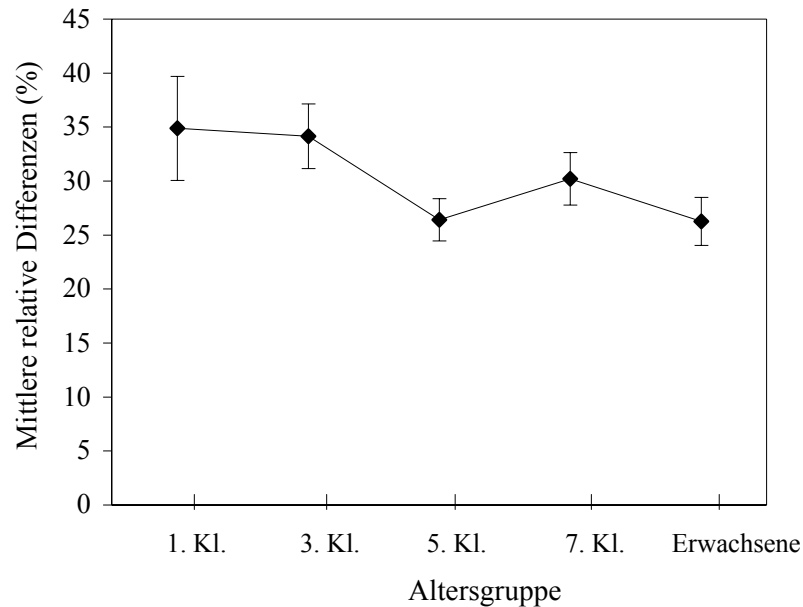


Abbildung 25. Mittlere relative Differenzen zwischen gelegten Mengen bzw. Dauern und deren numerischen Schätzungen in Prozent.

### 5.3.5 Einfluss der Schätzrichtung auf die Schätzgüte

Im folgenden Abschnitt soll geprüft werden, ob die Schätzrichtung, also ob eine Menge auf Basis einer Wachstumsdauer geschätzt werden sollte oder ob eine Wachstumsdauer auf Basis einer Menge geschätzt werden sollte, einen Einfluss auf die Schätzgüte hatte. So mussten die Probanden einmal mit Hilfe der Information über den Wachstumstyp von dem einzelnen Pflanzenexemplar am Montag auf die Menge am Sonntag schliessen. Zum anderen sollten die Probanden unter Vorgabe der Menge von 128 Pflanzen auf die Wachstumsdauer seit Montag schliessen. Beide Situationen waren allerdings nicht exakt vergleichbar, da die Fragen nach Wachstumsmenge und -typ nicht anhand derselben Mengen gestellt wurden. Dies war zurückzuführen auf den begrenzten Untersuchungsrahmen, innerhalb dessen die Frage nach der Schätzrichtung nicht den Schwerpunkt hatte, sondern eher explorativ erhoben werden sollte. Beim linearen Wachstum betrug die normative Menge aufgrund der Wachstumsdauer von sieben Tagen sieben Pflanzen, die Schätzung der Wachstumsdauer hingegen ging von einer gewachsenen Menge von 128 Pflanzen aus und musste normativ auf 128 Tage zurückgeführt werden. Beim exponentiellen Wachstum war die Situation umgekehrt. Innerhalb von sieben Wachstumstagen ergab sich normativ eine Menge von 64 Pflanzen, die Menge von 128 Pflanzen musste aber auf nur acht Wachstumstage zurückgeführt werden.

Nachdem bereits analysiert wurde, inwieweit sich die Schätzungen der Wachstumsmengen von der normativen Lösung unterschieden und welche Rolle die Altersgruppe spielte, wurde hier zunächst geprüft, inwiefern sich die Normabweichungen der Schätzungen der Wachstumsdauern, ausgehend von der Wachstumsmenge, zwischen den Altersgruppen unterscheiden. Hierzu wurden für beide Wachstumstypen die absoluten Abweichungen der Schätzungen von der Norm berechnet (siehe Abb. 26).

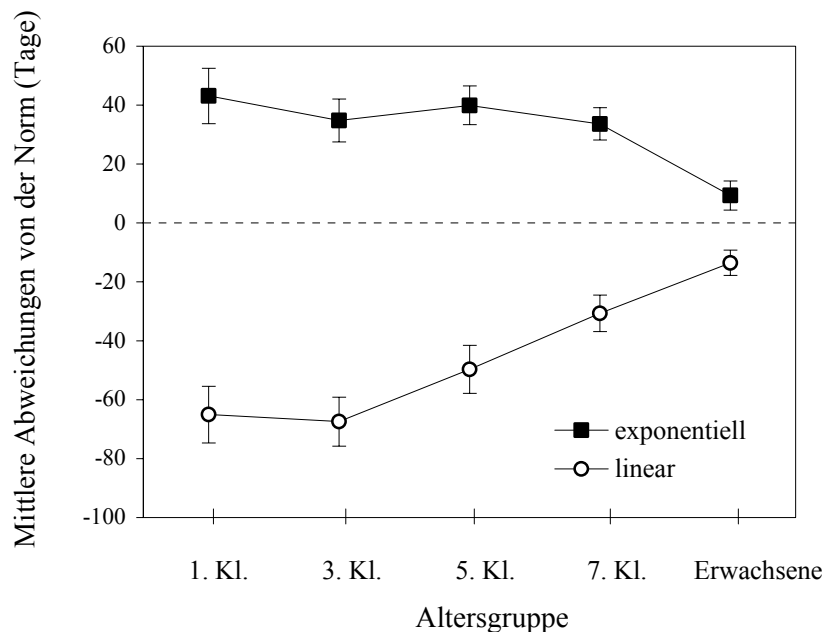


Abbildung 26. Mittlere Abweichungen der Schätzungen der Wachstumsdauer von der Norm in Tagen.

Für beide Abweichungskoeffizienten wurde dann jeweils eine ANOVA mit den unabhängigen Variablen Altersgruppe, Übung, Geschlecht und Reihenfolge berechnet. Für die Schätzung der Wachstumsdauer in der linearen Bedingung zeigte sich eine deutliche Unterschätzung, die erwartungsgemäss einem Alterseffekt folgte,  $F(4, 82) = 8.19$ ,  $p < .001$ . Anschliessend durchgeführte Mehrfachvergleiche nach Tukey bekräftigten, dass die Erstklässler die Wachstumsdauer deutlich stärker unterschätzten als Siebtklässler ( $p < .05$ ) und Erwachsene ( $p < .001$ ). Gleiches galt für die Drittklässler. Schliesslich wiesen auch die Fünftklässler eine schlechtere Schätzung auf als die Erwachsenen ( $p < .05$ ). Siebtklässler hingegen unterschieden sich in ihrer Schätzung nicht bedeutsam von der der Erwachsenen ( $p = .56$ ).

Ausserdem ergab die ANOVA einen schwachen Effekt der Reihenfolge,  $F(3, 82) = 2.83$ ,  $p < .05$ , der in den multiplen Vergleichen jedoch nicht mehr statistisch bedeutsam war. Man kann jedoch von einer Tendenz sprechen, nach der die Abwei-

chungen der geschätzten Dauern für lineares Wachstum am geringsten waren, wenn genau mit dieser Schätzung begonnen wurde (Reihenfolge D). Am höchsten waren die Abweichungen, wenn der Versuch mit der Schätzung der Dauer für exponentielles Wachstum begonnen wurde (Reihenfolge B).

Für die Schätzung der Dauer des exponentiellen Wachstums wurde deutlich, dass diese stark überschätzt wurde. Auch hier wies die ANOVA einen Alterseffekt auf,  $F(4, 81) = 3.38$ ,  $p < .05$ . Multiple Vergleiche nach Tukey ergaben, dass sich die vier Gruppen der Schulkinder in ihren Abweichungen nicht voneinander unterschieden (alle  $p > .05$ ). Allerdings überschätzten die Erwachsenen die exponentielle Wachstumsdauer bedeutsam weniger als Erstklässler ( $p = .001$ ), Drittklässler ( $p < .05$ ), Fünftklässler ( $p < .01$ ) und Siebtklässler ( $p < .05$ ). Neben dem Alter wurden die Normabweichungen der Schätzungen auch von der Reihenfolge beeinflusst,  $F(3, 81) = 9.78$ ,  $p < .001$ . Post-hoc durchgeführte Mehrfachvergleiche nach Tukey verdeutlichten, dass die Normabweichungen der Schätzungen für die exponentielle Wachstumsdauer besonders dann hoch waren, wenn der Versuch mit der Schätzung der Wachstumsmenge in der linearen Bedingung begann (Reihenfolge C). Wesentlich geringer als in Reihenfolge C waren die Normabweichungen, wenn der Versuch mit der Schätzung der exponentiellen Wachstumsmenge ( $p = .001$ ) bzw. der exponentiellen Wachstumsdauer ( $p < .001$ ), begann (Reihenfolgen A und B). Ausserdem ergab die ANOVA eine Dreifach-Interaktion zwischen Altersgruppe, Übung und Reihenfolge,  $F(12, 81) = 2.67$ ,  $p = .01$ , sowie eine Vierfachinteraktion zwischen Altersgruppe, Übung, Geschlecht und Reihenfolge,  $F(10, 81) = 2.13$ ,  $p < .05$ . Da aber die Zellenbesetzungen zu klein wurden, erwies sich eine Interpretation dieser Effekte nicht als sinnvoll.

Nun sollte geprüft werden, ob sich die Normabweichungen der Schätzungen in Abhängigkeit der Schätzrichtung unterschieden. Wurde im oberen Teil nur die Schätzung der Wachstumsdauer, ausgehend von der Wachstumsmenge berücksichtigt, soll nun zusätzlich die Schätzung der Wachstumsmenge, ausgehend von der Dauer, mit in die Analyse einbezogen werden. Um eine höhere Vergleichbarkeit der Schätzrichtungen zu erreichen, wurden hier lediglich die Personen ohne Übung berücksichtigt ( $n = 80$ ), obgleich die Übung keinen Haupteffekt hatte. Diese mussten von der Menge am Montag direkt auf die Menge am Sonntag schliessen sowie von einer vorgegebenen Menge auf die Wachstumsdauer in Tagen. Die Personen mit Übung durften, wie bereits erwähnt, vom Montag ausgehend auch noch die Menge am Dienstag und am Mittwoch

schätzen. Beim Schluss von der Menge auf die Dauer hatten sie diese Übung nicht. Daher wurden sie von der folgenden Analyse ausgeschlossen.

Weiterhin wurde als abhängige Variable nicht der absolute Schätzwert benutzt und auch nicht die Abweichung von der Norm, sondern die Abweichung von der Norm wurde durch die Norm dividiert und anschliessend mit Hundert multipliziert. So erhielt man eine relative Abweichung von der Norm. Das heisst, die Daten gaben an, um wie viel Prozent der Schätzwert vom jeweiligen Normwert abwich. Damit wurde die unterschiedliche Grösse der Normwerte relativiert. Somit gab es für beide Schätzrichtungen je eine relative Abweichung von der Norm für lineares Wachstum sowie für beide Schätzrichtungen je eine relative Abweichung von der Norm für exponentielles Wachstum. Diese vier Koeffizienten gingen in eine MANOVA mit Messwiederholung ein. Als unabhängige Variablen dienten die Altersgruppe, das Geschlecht und die Reihenfolge.

Die Ergebnisse der MANOVA sind in Tabelle 8 aufgeführt. Die Vierfach-Interaktion wurde von der folgenden Interpretation ausgeschlossen, da diese aufgrund zu kleiner Gruppengrössen nicht sinnvoll erschien. Schätzrichtung und Wachstumstyp wiesen jeweils einen Haupteffekt auf. Sie sind jedoch nicht als solche interpretierbar, da sie disordinal miteinander interagierten. Das heisst, die relative Abweichung von der Norm ist bei exponentiellem Wachstum besonders dann hoch, wenn von der Wachstumsmenge auf die Dauer geschlossen werden sollte. Für das lineare Wachstum hingegen ist die Abweichung grösser, wenn von der Dauer die Menge geschätzt werden sollte (vgl. Abb. 27).

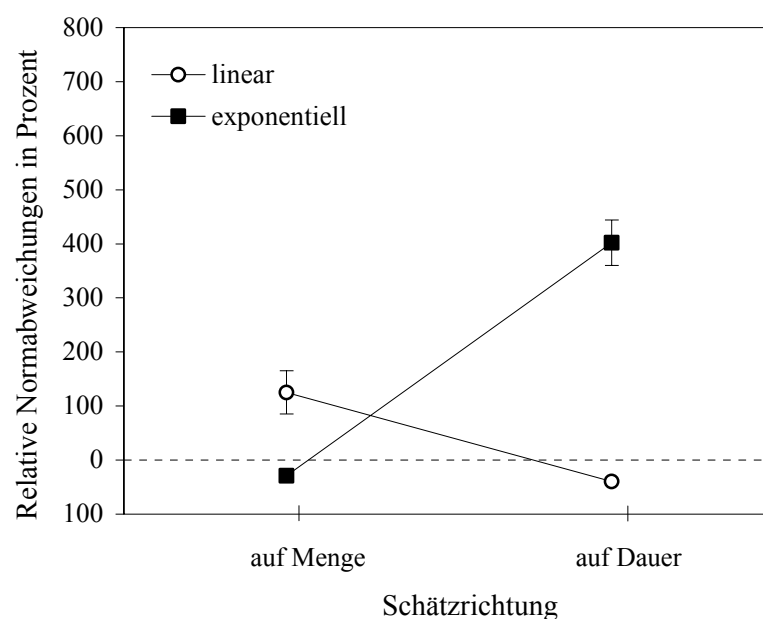


Abbildung 27. Relative Normabweichung der Schätzungen für lineares und exponentielles Wachstum in Prozent in Abhängigkeit vom Wachstumstyp und der Schätzrichtung.

Tabelle 8

*Ergebnisse der ANOVA für die relative Abweichung der Schätzungen von der Norm in Abhängigkeit der Schätzrichtung (von der Wachstumsdauer auf die Menge oder umgekehrt).*

Quelle	<i>df</i>	<i>F</i>	$\eta$	<i>p</i>
Within-Faktoren				
Richtung (Ri)	1	18.16***	.31	.000
Wachstumstyp (T)	1	25.95***	.39	.000
Ri x T	1	125.51***	.76	.000
Fehler	40	(66657.14)		
Between-Faktoren				
Altersgruppe (A)	4	1.09	.10	.376
Reihenfolge (Re)	3	2.88*	.18	.048
Geschlecht (G)	1	2.55	.06	.118
Ri x Re	3	8.13***	.38	.000
T x Re	3	7.75***	.37	.000
Ri x A x G	12	3.48**	.51	.001
Ri x T x A	4	3.62*	.27	.013
Ri x T x Re	3	3.63*	.21	.021
T x A x G x Re	12	3.69**	.53	.001
Fehler	40	(62884.06)		

*Anmerkung.* Aufgeführt sind die Ergebnisse für Within- und Between-Faktoren sowie ausschliesslich signifikante Interaktionen ( $p < .05$ ). Werte in Klammern repräsentieren mittlere quadrierte Fehler.

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

Beim linearen Wachstum wurde also eher die Pflanzenmenge nach sieben Tagen überschätzt, wohingegen beim exponentiellen Wachstum eher eine Überschätzung der Wachstumsdauer der 128 Pflanzen vorlag. Das heisst, die Menge von sieben Pflanzen am Sonntag wurde von den Schülern um rund 100 - 200% überschätzt. Die Erwachse-

nen hingegen schätzten normativ. Bei den exponentiellen Schätzungen aber waren die Abweichungen höher, wenn von der Menge auf die Dauer geschlossen werden musste. Die Schüler überschätzen also die tatsächlich achttägige Wachstumsdauer der 128 exponentiell vermehrten Pflanzen um rund 400 - 500%. Dieser Effekt reduzierte sich bei den Erwachsenen. Die Schätzung der Dauer in der linearen Bedingung bzw. der Menge in der exponentiellen Bedingung wichen dagegen bei allen Altersgruppen vergleichsweise weniger von der Norm ab.

Auch der Effekt der Reihenfolge erreichte knapp das Signifikanzniveau. Spezifiziert wird dieser Zusammenhang durch die Dreifach-Interaktion zwischen Wachstumstyp, Schätzrichtung und Altersgruppe (vgl. Abb. 28). Hierbei bestätigt sich der bereits erwähnte Befund, dass es für die linearen Schätzungen höhere Abweichungen gab, wenn von der Dauer auf die Menge geschlossen werden musste. Dabei wird deutlich, dass es bei den linearen Schätzungen zu besonders hohen Normabweichungen kam, wenn der Versuch mit dem exponentiellen Wachstum startete, dabei zuerst von der Wachstumsdauer auf die Menge geschlossen werden sollte und die Probanden hinterher die lineare Wachstumsmenge ausgehend von der Dauer schätzen mussten (Reihenfolge B).

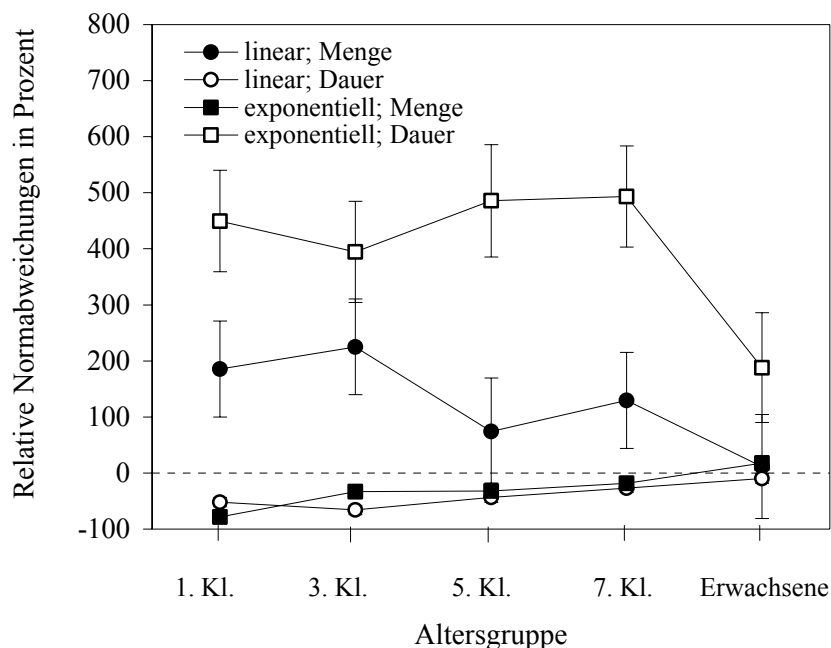


Abbildung 28. Relative Normabweichung der Schätzungen für lineares und exponentielles Wachstum in Prozent, in Abhängigkeit der Schätzrichtung, des Wachstumstyps und der Altersgruppe.

Umgekehrt zeigte sich bei der Schätzung des exponentiellen Wachstums, dass es besonders dann zu hohen Normabweichungen kam, wenn mit dem linearen Wachstum

begonnen wurde (Reihenfolgen C und D) und die Probanden dann ausgehend von der exponentiellen Wachstumsmenge auf die Dauer schliessen mussten. Zusammengefasst bedeutet das, dass die Mengenschätzungen besonders dann inkorrekt waren, wenn der Versuch mit dem jeweils anderen Wachstumstyp und der entgegengesetzten Schätzrichtung begonnen wurde. Wurde zum Beispiel mit dem exponentiellen Wachstum begonnen und es sollte zuerst die Wachstumsdauer geschätzt werden, traten dann beim linearen Wachstum, bei dem die Wachstumsmenge geschätzt werden sollte, die grössten Normabweichungen auf.

Dass auch die Reihenfolge in Zusammenhang mit dem Wachstumstyp und der Schätzrichtung die Schätzgüte beeinflussten, ergab sich aus der Dreifach-Interaktion der genannten Faktoren, die in Abbildung 29 dargestellt ist.

Die ausserdem aufgeführten Interaktionen zwischen Wachstumstyp und Reihenfolge sowie Schätzrichtung und Reihenfolge entsprachen inhaltlich den Aussagen der Dreifach-Interaktion von Wachstumstyp, Schätzrichtung und Reihenfolge (vgl. Abb. 29) und werden daher an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

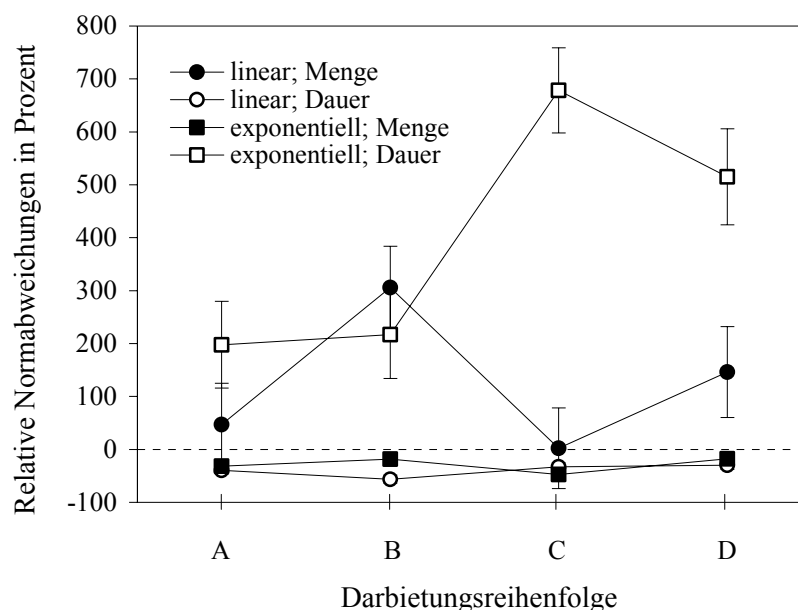


Abbildung 29. Relative Normabweichung der Schätzungen für lineares und exponentielles Wachstum in Prozent in Abhängigkeit der Schätzrichtung und der Darbietungsreihenfolge der Trials (A: zuerst exponentiell, Menge; B: zuerst exponentiell, Dauer; C: zuerst linear, Menge; D: zuerst linear, Dauer).

Ebenfalls nur erwähnt werden soll die Dreifach-Interaktion von Schätzrichtung, Altersgruppe und Geschlecht. Da hier der Wachstumstyp unberücksichtigt blieb, wurden als abhängige Variable die Abweichungen der Schätzungen für lineares und expo-



nentielles Wachstum gemeinsam betrachtet. Das ist aber inhaltlich nicht interessant, weil, wie bereits erwähnt wurde, die Schätzrichtung mit dem Wachstumstyp interagiert und sich somit keine Aussage mit hoher Gültigkeit aus dieser Dreifach-Interaktion ableiten lässt.

## 5.4 Diskussion

Dieses Experiment wurde durchgeführt, um zu untersuchen, wie sich das intuitive Wissen über nicht-lineares Mengenwachstum entwickelt. Zu diesem Zweck mussten, ausgehend von der Wachstumsdauer, ein lineare und eine exponentiell anwachsende Menge geschätzt werden sowie, ausgehend von der Menge, auf die Wachstumsdauer geschlossen werden. Um die Schätzgenauigkeit zu überprüfen, wurde die Abweichung der Mengenschätzungen von der Norm als ein Indikator benutzt. Hierbei ergab sich für das lineare Wachstum eine Tendenz besonders der Erstklässler, lineares Wachstum zu überschätzen. Diese liess sich in dieser Altersgruppe vor allem auf die Überschätzungen der Jungen zurückführen. Zwar wiesen Erstklässler eine höhere Normabweichung als Fünftklässler und Erwachsene auf, insgesamt aber wird beim linearen Wachstum in keiner Altersgruppe die Abweichung statistisch bedeutsam. Dieses Resultat entspricht den Erwartungen, da die normative Lösung für die Mengenschätzung für lineares Wachstum bei sieben lag. Man kann also festhalten, dass alle Altersgruppen das lineare Wachstum adäquat geschätzt haben.

Hinsichtlich der Schätzung des exponentiellen Wachstums zeigte sich erwartungsgemäss eine deutliche Unterschätzung des Normwertes. Diese Unterschätzung war umso grösser, je jünger die Probanden waren. Dabei war die Unterschätzung der Erstklässler bedeutsam grösser als die der Siebtklässler und der Erwachsenen. Die Unterschätzungen der Dritt-, Fünft- und Siebtklässler unterschieden sich hingegen nicht. Die Normabweichung der Erwachsenen, die als einzige sogar zu einer leichten Überschätzung neigten, erwies sich als bedeutsam geringer im Vergleich zu den Normabweichungen aller Schülergruppen. Hinweise auf das Zustandekommen der unerwarteten leichten Überschätzung des exponentiellen Wachstums durch die Erwachsenen lieferten einige, nicht systematisch erfasste, verbale Kommentare. So äusserten sich mehrere erwachsene Probanden, dass ihnen bekannt war, dass man zu einer Unterschätzung exponentiellen Wachstums neigt, weswegen sie bewusst gegengesteuert hätten (vgl. auch Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979). Einige erwähnten dabei das Paradigma mit dem Reiskorn und dem Schachbrett. Dabei wird mit einem Reiskorn begonnen und mit

jedem Feld des Schachbretts die Anzahl der Reiskörner verdoppelt. Im allgemeinen unterschätzen Personen die Anzahl, die sich beim 64. Feld ergibt. Doch haben sie einmal die Lösung gehört, scheint es sich einzuprägen, dass sie weit über die eigenen Vorstellungen hinausgeht. Wenn man davon ausgeht, dass 40 Reiskörner ein Gramm wiegen, ergibt sich für das 64. Feld ein Betrag von 461168601843 Tonnen Reis. Dieses Wissen um die Tendenz zur Unterschätzung sowie die eher einfache Aufgabe einer exponentiellen Funktion mit nur sechs Verdopplungsschritten könnte zu der leichten Überschätzung der Erwachsenen beigetragen haben.

Bezüglich der Signifikanz der Abweichung der exponentiellen Schätzungen von der Norm ergab sich, dass die Schätzungen der Siebtklässler und der Erwachsenen sich nicht bedeutsam von 64 unterschieden. Dies war erwartet worden, weil zum einen in der Schweiz ab der siebten Klasse exponentielle Funktionen im Mathematikunterricht vermittelt werden. Zum anderen war, wie schon erwähnt, die Aufgabe einfacher als bisher verwendete Aufgaben zur Untersuchung des Verständnisses für exponentielles Wachstum (Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979). Die Kinder der ersten, dritten und fünften Klasse hingegen unterschätzten die Norm in bedeutsamer Weise. Interessant ist hierbei der Befund, dass sich kein Effekt der Übung ergab. In der Übungsbedingung hatten die Probanden die Möglichkeit, von einer Pflanze am Montag ausgehend auch noch die Menge am Dienstag und am Mittwoch zu schätzen, bevor die Menge am Sonntag geschätzt werden musste. Der Hintergrund war dabei, dass sich die Probanden die Form der Vermehrung besser verbildlichen konnten und sie somit die Menge am Sonntag normativer schätzen würden. Allerdings wurde deutlich, dass die Hälfte der Erstklässler bereits in der Übungsbedingung, also für die Schätzung der Menge am Dienstag und Mittwoch, eine lineare Strategie anwendete. Damit erklärt sich hier das Ausbleiben des Übungseffektes, weil sie durch die Verwendung der linearen die falsche Strategie geübt hatten. Dass allerdings in den anderen Altersgruppen, in denen nahezu alle Probanden die nicht-lineare Strategie geübt hatten, kein Übungseffekt auftrat, war überraschend. Das Ausbleiben des Effektes lässt sich eventuell damit erklären, dass die Tendenz zur Unterschätzung so stark ist, dass er mögliche Übungseffekte überlagert. Mit Bezug auf die Anschaulichkeit des Reiskorn-Schachbrett-Paradigmas könnte man auch vermuten, dass die Visualisierung der Vermehrungsform zu Beginn des Wachstums nicht genügt. Vielmehr bräuchte es vielleicht den Überraschungseffekt, der erst bei fortgeschrittenem Wachstum einsetzt. So wurde die Menge der sich teilenden Wasserpflanzen nach 16 Tagen bereits 32768 betragen. Es wäre also zu prüfen, ob

die Verdeutlichung vom immensen Anwachsen über wenige Vermehrungsschritte einen höheren pädagogischen Wert bei der Vermittlung exponentieller Wachstumstypen hätte, also die blossе Sichtbarmachung des Vermehrungsprinzips.

Zusammenfassend zur Normabweichung lässt sich festhalten, dass alle Probanden das lineare Wachstum normativ schätzen konnten, es beim exponentiellen Wachstum jedoch zu erwarteten Unterschätzungen kam, die umso grösser waren, je jünger die Probanden waren. Bezüglich der Normativität der exponentiellen Schätzungen zeigt sich ein bedeutsamer Entwicklungsschritt zwischen der fünften und siebten Klasse. Wichen die Schätzungen der Erst-, Dritt- und Fünftklässler noch bedeutsam von der Norm ab, lagen die Schätzungen der Siebtklässler und Erwachsenen im Normbereich. Diese Effekt lässt sich auf den Erwerb expliziten Wissens über nicht-lineare Funktionen zurückführen. Da das Kriterium der Normabweichung jedoch ein sehr strenges ist, wurden weitere Kriterien ermittelt, mit denen sich die Entwicklung des intuitiven Wissens besser erfassen liess.

Als bedeutsam erschien in dieser Beziehung, wie gut die Probanden die beiden Wachstumstypen durch ihre Schätzungen unterschieden. Weichen die Schätzungen bedeutsam voneinander ab, kann auf das Vorliegen zweier Konzepte geschlossen werden, auch wenn diese noch nicht normativ entwickelt sind. Ein markantes Resultat war, dass Erstklässler mit ihren Schätzungen in keiner Weise zwischen beiden Wachstumstypen differenzierten. Ab der dritten Klasse aber nahmen die Differenzierungen zu, und zwar so, dass die Dritt-, Fünft- und Siebtklässler die zwei Wachstumstypen zwar noch bedeutsam weniger als die Erwachsenen unterschieden, aber Fünft-, Siebtklässler und Erwachsene deutlich besser waren als die Kinder der ersten Klasse. Das heisst, die Differenzierungsfähigkeit nahm mit steigendem Alter zu. Bemerkenswert in dieser Hinsicht ist auch, dass alle Altersgruppen ab der dritten Klasse eine statistisch bedeutsame Differenzierung der beiden Wachstumstypen aufwiesen. Somit kann angenommen werden, dass bereits bei Kindern der dritten Klasse neben dem Konzept der Linearität ein relativ stabiles Konzept der Exponentialität existiert und zwar unabhängig von schulisch erworbenem Wissen. Auch hier erwies sich die Übung als irrelevanter Faktor bezüglich der Differenzierungsfähigkeit. Es ist sogar anzunehmen, dass bereits Erstklässler sowohl über ein lineares als auch über ein exponentielles Konzept verfügen, sich dies jedoch aufgrund der Versuchsdurchführung nicht deutlicher zeigen konnte. So wurde in der Durchführung deutlich, dass die Erstklässler, unabhängig davon, mit welchem Wachstumstyp begonnen wurde, tendenziell bei ihrer zuerst gewählten Strategie blie-

ben. Begann also der Versuch mit dem linearen Wachstum, schätzten sie die Mengen auch häufig mit einer linearen Strategie, die sie aber auch beim exponentiellen Wachstum beibehielten. Das war besonders in Reihenfolge C (zuerst Schätzung der linearen Wachstumsmenge) deutlich. Begann ein Versuch mit dem exponentiellen Wachstum, schätzten viele Erstklässler auch nicht-linear, nur führten sie diese Strategie auch beim linearen Wachstum fort. Statistisch bedeutsam wird dieser Zusammenhang allerdings aufgrund der zu kleinen Gruppengrößen nicht. Dennoch könnte man annehmen, dass bereits in der ersten Klasse schon beide Konzepte existieren, dass nur die Fähigkeit zum Strategiewechsel noch nicht gut ausgeprägt ist. Eine Möglichkeit, dies zu umgehen, wäre, dass man den Wachstumstyp in zukünftigen Untersuchungen als Between-Faktor einsetzt bzw. sich nur auf die Schätzung nicht-linearen Wachstums konzentriert. Es wäre zu erwarten, dass dann die Fähigkeit der jüngeren Kinder, nicht-lineares Wachstum zu schätzen, noch deutlicher wird.

Als weiterer Indikator für die Entwicklung intuitiven Wissens über nicht-lineares Wachstum wurde betrachtet, welche Schätzstrategien die Probanden in Abhängigkeit von der Altersgruppe für das exponentielle siebentägige Wachstum verwendeten. Dieser Indikator führt im Grunde die Abweichung von der Norm und die Differenzierungsfähigkeit zusammen. Es handelt sich dabei aber um kein so strenges Kriterium wie die absolute Normabweichung. Wie erwartet wurde, nahm die Nutzung der linearen Strategie mit zunehmendem Alter ab und die Nutzung der exponentiellen Strategie mit zunehmendem Alter zu. Auch wenn bei den Erstklässlern die lineare Strategie dominierte, ist erwähnenswert, dass es in dieser Altersgruppe bereits acht Probanden (25%) gab, die für die Schätzung der exponentiellen Menge am Sonntag eine exponentielle Strategie verwendeten. Dieser Anteil stieg in den folgenden Altersgruppen an. Bedeutsam war hierbei auch der Befund, dass die Personen in der Übungsbedingung, die bereits für die Mengenschätzung am Mittwoch eine nicht-lineare Strategie benutzten, diese bis auf einen Erstklässler auch für ihre Schätzung der Wachstumsmenge am Sonntag beibehielten. Dies weist auf eine stabile Strategienutzung hin, wenngleich die Strategiekategorien relativ weit gefasst waren.

Zur Überprüfung, ob die Fähigkeit, Mengen numerisch zu schätzen, einen Einfluss auf die Schätzung exponentiellen Wachstums hat, wurde sowohl die jeweils gelegte Menge als auch deren verbale, numerische Schätzung erfasst. Dabei ergab sich für die gemittelten relativen Abweichungen der numerisch geschätzten von den gelegten Mengen, dass es offenbar keinen Alterseffekt gab. Das heisst, in allen Altersgruppen lag die

Abweichung der numerischen Schätzung von der gelegten Menge zwischen 25 - 35% der gelegten Menge. Somit können auch Altersunterschiede bezüglich der Schätzung exponentiellen Wachstums höchstwahrscheinlich nicht auf die unterschiedliche Fähigkeit, Mengen numerisch zu schätzen, zurückgeführt werden. Dass heisst konkret, jüngere Kinder unterschätzen mit ihrer gelegten Menge nicht deshalb die Norm, weil sie zwar vielleicht die korrekte Menge verbal repräsentieren, aber glauben, dass ihre gelegte Menge zahlenmässig übereinstimmt mit der korrekten Menge. Dieser ausbleibende Alterseffekt bei der Schätzgenauigkeit kann aber auch auf das Feedback über die tatsächlich gelegte Menge zurückgeführt werden, das gegeben wurde, um systematische Schätzfehler zu reduzieren. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Erhebung der Fähigkeit, numerisch zu schätzen, methodisch nicht optimal war, da es sich auch nicht um die zentrale Frage des Experimentes handelte. Es könnten durchaus Alterseffekte existieren, die sich schon daraus ergeben, dass jüngere Kinder ein kleineres Zahlenvokabular haben als die älteren. Dass sich dennoch hier keine Alterseffekte ergeben haben, könnte daran liegen, dass jüngere Kinder ohnehin eher kleinere Mengen gelegt haben, deren Schätzung auch einfacher ist. Für die grösseren Mengen könnte es eine Art Deckeneffekt geben. Wenn vor allem die Erstklässler alle Holzkugeln zur Schätzung benutzten und sie eine numerische Schätzung abgeben mussten, gaben sie öfters „100“ zu Antwort, was der tatsächlichen Menge von 128 nahe kommt. Allerdings stellt die 100 für viele Erstklässler die grösste Zahl dar, die sie kennen. Automatisch assoziieren sie demnach grosse Mengen mit 100, was der Genauigkeit ihrer numerischen Schätzung aber in dem Fall nicht abträglich war. Ausserdem darf nicht vergessen werden, dass sich die Erhebung der numerischen Schätzungen nur auf, mit dem ersten Blick nicht zählbare Mengen beschränkte. Auch dies kann die Gültigkeit der Resultate einschränken. Die Güte der verbalen Schätzung in Abhängigkeit der Altersgruppen bedarf demnach einer umfassenderen Untersuchung, um gültige Schlüsse ziehen zu können.

Schliesslich sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Schätzrichtung die Güte der Schätzung beeinflusst, ob es also vergleichbar schwierig ist, von einer Wachstumsdauer auf die resultierende Menge zu schliessen oder von einer Menge auf die zugrundeliegende Wachstumsdauer. Zunächst wurden die absoluten Schätzabweichungen von der Norm bei der Schätzung der Wachstumsdauer betrachtet. Hier wurde deutlich, dass es bei der Schätzung der linearen Dauer eine deutliche Unterschätzung gab. Dies lässt sich zum einen auf ein mangelhaftes Verständnis des Linearitätsprinzips bei grossen Mengen zurückführen. Das heisst, wenn klar wäre, dass an jedem Tag ein

neues Blatt wächst und damit auch klar wäre, dass ein Blatt einem Wachstumstag entspricht, sollte es nicht zu solch deutlichen Abweichungen kommen. Eine andere Erklärung wäre, dass die Mengenschätzung nicht optimal war. Dass heisst, die Personen haben zwar beabsichtigt, genauso viele Tage wie Blätter mit den Kugeln zu legen, aber sie haben die Menge unterschätzt. Dass es schwierig war, die numerische Menge zu schätzen, wurde bereits im vorhergehenden Absatz erwähnt. Nun könnte es auch nicht einfach sein, vergleichbar grosse Mengen herzustellen. Erschwert worden sein könnte dieser Prozess durch die unterschiedliche Farbe der Kugeln für Tage und Pflanzen sowie durch die unterschiedliche Behälterform. Die Blätter, deren Wachstumsdauer geschätzt werden musste, lagen auf dem runden Teller. Die Tage hingegen mussten in eine rechteckige Schachtel eingefüllt werden.

Bei der Schätzung der Wachstumsdauer in der exponentiellen Bedingung ergab sich jedoch der entgegengesetzte Effekt. Diese Wachstumsdauern wurden überschätzt. Zu diesem Resultat kamen bereits Wagenaar und Timmers (1979) bei Erwachsenen. Dieser Befund ist zudem konsistent mit der Unterschätzung der exponentiellen Wachstumsmenge. Nimmt man an, dass in einer bestimmten Zeit weniger Pflanzen gewachsen wären, als es die Norm erfordern würde, schliesst man umgekehrt auch auf eine längere Wachstumsdauer einer vorgegebenen Menge.

Hinsichtlich des Vergleiches der relativen Normabweichungen der beiden Schätzrichtungen für beide Wachstumstypen zeigte sich, dass die Schätzrichtung in Abhängigkeit des Wachstumstyps unterschiedliche Effekte erzielte. Dass heisst, die relativen Normabweichungen der Schätzungen sind besonders dann hoch, wenn beim linearen Wachstum auf die Menge nach sieben Tagen geschlossen werden musste oder wenn beim exponentiellen Wachstum von der Menge auf die Dauer geschlossen werden musste. Auch wenn beide Schätzrichtungen nicht völlig vergleichbar waren, kann man doch schlussfolgern, dass es beim exponentiellen Wachstum einfacher ist, auf die Menge als auf die Wachstumsdauer zu schliessen. Wird zwar die Menge unterschätzt, ist dennoch die relative Überschätzung der Dauer wesentlich grösser. Dies ist insbesondere deshalb interessant, weil für beide Urteile dieselbe Wissensbasis zugrunde liegt und sich nur die Art der Abfrage unterscheidet. Vergleichbare Befunde ergaben sich in der Erforschung der Fähigkeit, mathematische Funktionen in verschiedene Darstellungsformen zu transformieren. Auch hier gibt es systematische Schwierigkeiten, obgleich die Wissensbasis gleich bleibt (Markovits, Eylon & Bruckheimer, 1986). Erst bei den Erwachsenen verringert sich der Einfluss der Schätzrichtung auf die relative Normabweichung

der Schätzungen. Ausserdem hatte das Zusammenwirken von Schätzrichtung, Wachstumstyp und Darbietungsreihenfolge einen Effekt auf die Normabweichungen. Diese waren besonders in der Bedingung hoch, bei der ein Versuch jeweils mit dem entgegengesetzten Wachstumstyp und der entgegengesetzten Schätzrichtung begonnen wurde. Dies könnte sich auf eine gewisse Unfähigkeit zum Strategiewechsel zurückführen lassen, was sich durch ein Between-Design jedoch ausräumen liesse. Eine Alternativerklärung könnte der Ankereffekt bieten (Tversky & Kahneman, 1974), nachdem Personen ihre Urteile zum Teil an irrelevanten Grössen oder Ankern orientieren, obgleich diese für das Urteil irrelevant sind. In diesem Fall könnte die Schätzung des ersten Wachstumstyps als Anker für die Schätzung des zweiten Wachstumstyps benutzt worden sein.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die normgemässe Schätzung exponentiellen Mengenwachstums ab der siebten Klasse vorhanden ist. Das ist zwei Jahre früher, als Suarez (1977) in, nicht genau vergleichbaren, Aufgaben die Anwendung des exponentiellen Prinzips nachweisen konnte. Benutzt man jedoch sensiblere Kriterien, zeigte sich, dass bereits ab der dritten Klasse, und vielleicht sogar noch früher, das lineare und das exponentielle Prinzip parallel existieren, was sich in der Unterscheidbarkeit der Mengenschätzungen ausdrückte. Dieser Befund weist die Annahme eines dominanten Linearitätsprinzips in der Kindheit (vgl. Confrey & Smith, 1995) zurück. Die Schätzungen des exponentiellen Wachstum haben sich durch eine Übungsphase nicht verbessert. Allerdings werden sie durch andere Faktoren beeinflusst. So scheint es beispielsweise schwieriger, die Wachstumsdauer als die Wachstumsmenge exponentieller Verläufe zu schätzen. Auch die Versuchsreihenfolge kann einen Einfluss ausüben, indem die Schätzungen dann schlechter waren, wenn mit dem linearen Wachstum begonnen wurde.

Abschliessend kann man sich fragen, woher dieses frühe Exponentialitätskonzept kommt, wo doch die Mathematik ein solch abstraktes Gebiet ist. Wie bereits in Kapitel 2.2.4 angesprochen wurde, entwickeln Kinder dennoch verschiedene mathematische Intuitionen. Confrey und Kollegen (Confrey, 1994; Confrey & Smith, 1994, 1995) sowie Nunes (Nunes & Bryant, 1996) gingen davon aus, dass sich Phänomene, wie das Splitting oder one-to-many Korrespondenzen als Vorläufer des Exponentialitätskonzeptes bereits früh im Alltag von Kinder etablieren. Konkrete Beispiele hierfür wären das Aufteilen von Süssigkeiten, geometrische Konstruktionen oder die Anzahl von Rädern zur Anzahl der Autos. Tatsache ist, dass sich exponentielle Phänomene eher selten im Alltag zeigen. Indirekt können sie aber durch Kinder beispielsweise bei Bewegungen

auf der schrägen Ebene, wie dem Rutschen (Beschleunigung), oder bei den Schwingungszeiten beim Schaukeln (vgl. Suarez, 1977) erfahren werden. Auch beim mehrfachen Falten von Papier ergibt sich eine exponentielle Zunahme der Anzahl der Schichten. Eine weitere Quelle von Erfahrungen mit exponentiellen Phänomenen könnte die Familienstruktur sein. Anhand von Stammbäumen kann deutlich werden, dass die Anzahl der Personen jeder Generation beispielsweise exponentiell zunimmt, wenn jedes Paar – was allerdings untypisch ist für die heutige Zeit – zwei Nachkommen bekommt. Auch beim Durchschneiden von Pausenbrotten oder anderer übereinanderlegbarer Dinge kann sich Exponentialität zeigen, wenn nämlich die jeweils geschnittenen Teile wieder übereinander gelegt werden, bevor erneut geschnitten wird. Dies ist nur eine Auswahl an Möglichkeiten, wo bereits Kinder im Alltag mit Exponentialität in Berührung kommen und daraus entsprechende Intuitionen entwickeln könnten. Allerdings müssten diese Hypothesen noch erweitert und empirisch geprüft werden.

Hinsichtlich der Übertragung der hier vorgelegten Ergebnisse in die Praxis beschreibt Steffe (1994), dass Kinder zum Lösen vieler mathematischer Aufgabenstellungen ihre eigenen naiven, intuitiven Strategien benutzen, und zwar unabhängig davon, ob diese Strategien richtig oder falsch sind. Häufig beinhalten diese Strategien eine Form des Zählens, was sich auch bei der Durchführung meines Experimentes gezeigt hat. Weiterhin postuliert er, dass Kinder eine hohe generative Power haben. Das heisst, Kinder können auf der Basis von simplen Konzepten diese selbständig weiterentwickeln und in höhere Konzepte überführen (Nunes & Bryant, 1997). Diese Fähigkeit muss jedoch durch den Unterricht gefördert werden, indem man die Kinder beispielsweise Experimente durchführen lässt, anhand derer sie Erfahrungen sammeln können. Bezogen auf die obigen Resultate würde das bedeuten, dass man versuchen müsste, das offenbar vorhandene Exponentialitätskonzept frühzeitig zu fördern. Weiterhin scheinen sich anschauliche Beispiele, wie das hier verwendete Wasserpflanzenparadigma, zu eignen, exponentielles Wachstum deutlich zu machen.

## **5.5 Ausblick**

Experiment 3 hatte als Hauptanliegen, mit einem möglichst einfachen Paradigma die Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes zu untersuchen. Erste Erfolge wurden bereits in den obigen Abschnitten berichtet. Ein nächster Untersuchungsschritt könnte darin bestehen, dass man den Auftretenszeitpunkt des Exponentialitätskonzeptes genauer betrachtet. Eine bereits erwähnte Möglichkeit wäre, dass man den Aufgabenwechsel



zwischen dem Schätzen des linearen und des exponentiellen Wachstums umgeht. In der vorliegenden Untersuchung hatte sich gezeigt, dass gerade Erstklässler damit Schwierigkeiten zu haben schienen, indem sie über beide Wachstumstypen eher an einer Schätzstrategie festhielten. Mit einem Design, in dem der Wachstumstyp als Between-Faktor manipuliert wird, sollte dieses Manko verringert werden. Auch könnte man prüfen, welches Schätzverhalten die Zweitklässler zeigen und ob sie damit eher an den Schätzungen der Erst- oder der Drittklässler liegen.

Weiterhin wäre das ganze Konzept der Exponentialität noch ausbaubar. Zum Beispiel könnte man die Wachstumsraten, die Wachstumsdauer oder auch die Anfangsmengen variieren, um zu untersuchen, wie diese Faktoren integriert werden. Dabei könnte man die Studie von Mullet und Cheminat (1995) über ein vereinfachtes Paradigma auch auf jüngere Altersgruppen erweitern. Die Autoren untersuchten die Integration von Anfangsmenge und Wachstumsrate, also von Basis und Exponent, bei Jugendlichen im Alter von 15 bis 18 Jahren. Allerdings beschrieben sie die zu schätzenden Funktionen abstrakt mathematisch und die Probanden zeigten entsprechend schlechte Integrationsleistungen. Es wäre vorstellbar, dass man mit einem anschaulicheren Paradigma auch optimalere Ergebnisse auch schon bei Jüngeren erzielen könnte.

Ein weiterer Ansatz, der bereits anhand einer kleinen Stichprobe von Erwachsenen untersucht wurde (Mackinnon & Wearing, 1991), bezieht sich auf den Einfluss der verschiedenen Formen exponentieller Funktionen. Abgesehen vom exponentiellen Anstieg, auf den sich der obere Absatz bezog, kann man allgemein vier verschiedene Verläufe unterscheiden. So gibt es das exponentielle Wachstum und die exponentielle Abnahme, das asymptotische Wachstum und die asymptotische Abnahme. Geht das exponentielle Wachstum auf lange Sicht mit sich vergrößernden Wachstumsraten gegen Unendlich, wird die exponentielle Abnahme mit sich vergrößernden Abnahmeraten zu einem bestimmten Zeitpunkt null. Das asymptotische Wachstum wie auch die asymptotische Abnahme nähern sich einem Grenzwert an, den sie jedoch nie erreichen. In der Untersuchung von Mackinnon und Wearing ergaben sich kaum Unterschiede zwischen den Funktionsformen, obgleich Wagenaar und Kollegen (Wagenaar & Sagaria, 1975; Timmers & Wagenaar, 1977) nachgewiesen haben, dass exponentielle abnehmende Mengen genauer geschätzt werden als exponentiell zunehmende Mengen. Interessant wäre es, diesen Aspekt aus Entwicklungsperspektive zu betrachten. Auch hier würde sich wieder ein vereinfachtes, anschauliches Paradigma anbieten.

Ebenfalls aufschlussreich wäre es, den Einfluss der Schätzrichtung auf die Schätzgenauigkeit umfassender zu untersuchen. In Experiment 3 ergab sich eine Interaktion zwischen Wachstumstyp und Schätzrichtung. So wurden die Wachstumsmenge des linearen siebentägigen Wachstums sowie die Wachstumsdauer der sich exponentiell vermehrenden Pflanzenmenge von 128 besonders überschätzt. Allerdings waren die Daten, wie bereits erwähnt, nicht exakt vergleichbar. Daher sollte man ein Design entwerfen, dass vergleichbare Daten für Wachstumsmenge und Wachstumsdauer liefert. Das könnte beispielsweise über die Manipulation der Schätzrichtung als Between-Faktor geschehen. Davon ausgehend könnte man betrachten, wie sich der Effekt der Wachstumsrichtung auf die Schätzgenauigkeit über die Altersgruppen entwickelt.

Weiterhin könnte man das Exponentialitätskonzept in verschiedenen Bereichen untersuchen. So liesse sich das hier verwendete Paradigma der biologischen Domäne zuordnen. Spannend wäre, zu prüfen, ob sich das Exponentialitätskonzept in anderen Domänen in einem ähnlichen Alter entwickelt. Als mögliche Bereiche, in denen exponentielle Phänomene vorkommen, sollen hier unter anderem die Physik, die Ökonomie oder die Geometrie genannt werden.

Ebenfalls weiterzuverfolgen wäre die Frage der Übung, die in diesem Fall keinen bedeutsamen Einfluss hatte. Im Sinne einer verbesserten Vermittlung mathematischer Funktionen im allgemeinen und exponentieller Funktionen im speziellen wäre es wünschenswert, eine verständnis erleichternde Form der Übung zu finden. Eine Möglichkeit wäre, das Exponentialitätsprinzip, die also zum Teil extreme Veränderung über relativ kurze Zeitintervalle, über solch anschauliche Beispiele, wie das mit dem Schachbrett und den Reiskörnern (vgl. Kapitel 2.2.4) zu verdeutlichen. Wenn allein schon die Einsicht erreicht würde, dass das exponentielle Wachstum häufig über die normalen Vorstellungen hinausgeht, würden Personen vielleicht sensibler schätzen bzw. ihre Schätzungen versuchen, zu korrigieren.

Die hier vorgeschlagenen weiteren Forschungsmöglichkeiten zur Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes sollen nur eine Auswahl darstellen. Da es so wenig experimentelle Studien zu dieser Thematik gibt, bietet der Bereich noch eine ganze Reihe weiterer Forschungsfragen, die es wert wären, beantwortet zu werden.

## 6 Gesamtdiskussion

Im folgenden sollen die verschiedenen, oben beschriebenen Befunde zum Einfluss der Zeit auf Bewertungen und Entscheidungen bei riskanten Alternativen, bei zeitlich verzögerten Ereignissen sowie beim exponentiellen Mengenwachstum zusammengeführt werden. Es wird diesbezüglich ein neues Erklärungsmodell der nicht-linearen Zeitrepräsentation vorgeschlagen. Vorab sollen jedoch zuerst bestehende Modelle der Zeitrepräsentation skizziert sowie Befunde zur Entwicklung der vergangenen und zukünftigen Zeitperspektive vorgestellt werden. Danach soll ein kurzer Exkurs in nicht-lineare Repräsentationen im Bereich der Psychophysik unternommen werden, der dann über die Erläuterung der Construal Level Theory von Liberman und Trope (1998) zum Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation führt.

### 6.1 Zeitschätzung aus entwicklungspsychologischer Perspektive

#### 6.1.1 Methoden zur Erhebung subjektiver Zeit

Zu den typischen Methoden, subjektive Zeitschätzungen zu erfassen, gehören zum einen verbale Schätzmethoden, bei denen Probanden Zeitdauern in Worten unter Verwendung geläufiger Zeiteinheiten, wie Sekunden, einschätzen können. Ein anderer Ansatz ist die Zeitproduktion, hier werden Probanden aufgefordert, ein verbal vorgegebenes Zeitintervall selbst herzustellen. Dem ähnelt die Methode der Zeitreproduktion, bei der jedoch zuerst ein Intervall wahrgenommen wird und die Person danach dieses Intervall reproduzieren soll. Die Reproduktion kann auf dem Weg der Produktion einer Reizdauer geschehen oder aber auch via Analogie, bei der beispielsweise die Länge einer zu zeichnenden Linie für eine Zeitdauer steht (Cottle, 1976). Schliesslich gibt es die Methode des Zeitvergleichs, bei der Probanden ein Urteil darüber abgeben sollen, welches von zwei Intervallen länger bzw. kürzer ist (Zakay, 1990). Natürlich ist diese Liste von Methoden nicht vollständig. So wird auch die Bisection Methode benutzt, bei der die Mitte eines Zeitintervalls geschätzt werden soll (Droit-Volet, Clement & Fayol, 2003). Und auch Konditionierung wurde eingesetzt, um z.B. die Zeitwahrnehmung von Tieren zu untersuchen (Roitblat & Young, 1990).

H. Eisler (1996) hat auf einige methodische Probleme aufmerksam gemacht, die sich bei der Untersuchung der Zeitwahrnehmung und -schätzung ergeben können. Diese basieren auf systematischen Schätzfehlern, die in bestimmten Paradigmen auftreten

können. Einerseits gibt es den *Time Order Error*, der das Phänomen beschreibt, dass gleich lange Reize, die nacheinander dargeboten werden, nicht als gleich lang eingeschätzt werden. Das heisst, die Reihenfolge der Darbietung hat einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Reizdauer. Zum anderen gibt es eine Tendenz, kurze Intervalle bei Reproduktionsaufgaben zu überschätzen, während lange Intervalle eher unterschätzt werden. Schliesslich gibt es noch den sogenannten *Stimulus Error*, bei dem ein Reiz aufgrund seiner physischen Eigenschaft, also z.B. seiner physikalischen Einheit eingeschätzt wird und nicht auf Basis des subjektiven Empfindens. Für die Zeitschätzung ergibt sich daraus das Problem, dass erlernte und allgemein übliche Zeiteinheiten, wie Tage oder Stunden, salienter sein können als die tatsächlich zu schätzende Dauer. Dies kann zu einer künstlichen Linearität der subjektiven Zeitrepräsentation entsprechend der konventionellen Zeitrechnung führen, die vielleicht durch die subjektive Empfindung gar nicht zustande kommen würde. Nur wenn diese systematischen Schätzfehler bei der Operationalisierung von Untersuchungen berücksichtigt werden, kann man vertrauenswürdige Daten der subjektiven Zeitwahrnehmung bekommen.

### **6.1.2 Bisherige Modelle der Zeitrepräsentation**

Friedman (1989) hat drei grundlegende Eigenschaften der Repräsentation von Tagen und Monaten beschrieben. Zum einen sei es für das Verständnis dieser Zeitstrukturen bedeutsam, die zeitliche Ordnung zu erkennen, das heisst, dass Tage bzw. Monate aufeinander folgen. Zweitens sei die Einsicht wichtig, dass Zeitpunkte der Vergangenheit oder Zukunft sich in einer bestimmten Distanz zueinander und zur Gegenwart befinden. Und schliesslich sei es nötig, in Erweiterung der ersten Eigenschaft auch die nicht direkt verbundene Ordnung zu erkennen, das heisst zum Beispiel, zu wissen, dass wenn heute Donnerstag wäre, der Sonntag vor dem Dienstag kommt.

In der Folge sollen sechs Modelle kurz vorgestellt werden, die nach Friedman (1989) Repräsentationsmöglichkeiten für Zeitdauern von Tagen und Monaten darstellen. Zum einen beschreibt er ein assoziatives Netzwerk, in dem besonders diese Tage bzw. Monate durch starke Assoziationen verknüpft sind, die auch in der konventionellen, kalendarischen Zeitrepräsentation eng beieinander liegen. Eine andere Repräsentationsmöglichkeit besteht darin, dass die Verbindung zwischen den einzelnen möglichen Elementepaaren aus Tagen bzw. Monaten als individuelle Propositionen abgespeichert würden. In sogenannten semantischen oder kategorialen Modellen würde jedes Zeitelement mit einer linguistischen Kategorie, wie z.B. „früh“ oder „spät“, verknüpft und da-

durch kategorisiert werden. Weiterhin beschreibt Friedman ein arithmetisches Modell, in dem jedes Zeitelement mit einer Zahl verknüpft werden würde, weswegen man dann auch auf der Zeitdimension arithmetische Operationen, wie Addition oder Subtraktion ausführen könne. Auf den möglichen Zusammenhang zwischen Zahlen- und Zeitrepräsentation wird in Kapitel 6.2.1 noch eingegangen. Ein weiteres Modell beinhaltet die serielle Verknüpfung der einzelnen Zeitelemente, die auch entsprechend sequentiell aktiviert werden würden. Danach würde die Frage, wie weit z.B. der Donnerstag vom Montag entfernt ist, nicht über die Assoziationsstärke, sondern über die sequentielle Aktivierung der Tage zwischen Montag und Donnerstag und deren Quantifizierung gelöst werden. Und schliesslich wäre ein Image Modell denkbar, bei dem die Zeitelemente entsprechend ihrer Position z.B. auf einem Zeitstrahl enkodiert werden, was damit auch stärker die visuelle Vorstellung von Zeitstrukturen nutzt.

Aufgrund einer Reihe von Experimenten, die Friedman (Friedman, 1989, 1996, 1998; Friedman, Gardner & Zubin, 1995) mit Kindern und Erwachsenen durchführte, sprach er sich für das serielle sowie das distanzbasierte Modell der Zeitrepräsentation aus. So konnte er zeigen, dass Kinder vorerst über eine serielle Ordnung von Tages- und Monatsbegriffen verfügen. Die Fähigkeit, sich die Zeit auch als Struktur von Distanzen vorzustellen, entwickelt sich erst in der frühen bzw. mittleren Jugend. Dies hat zur Folge, dass auch komplexere Probleme, wie die Beurteilung, ob die Monate Juni und Oktober einen kleineren Abstand haben, wenn man sich vom Juni zum Oktober bewegt oder vom Oktober zum Juni, mittels dieser Repräsentation schneller gelöst werden können. Etwas später entwickelte Friedman (1996) diese theoretischen Ansätze weiter und verallgemeinerte sie, indem er generell zwei Prozesse unterschied, die am Zeitgedächtnis beteiligt sind. Diese nennt er *Distance Based Processes* und *Location Based Processes*. So können vergangene Ereignisse einerseits auf einer Art *Time Line* gespeichert werden, die Informationen über die zeitliche Distanz der Ereignisse zur Gegenwart beinhaltet (Distance). Hier besteht eine Korrelation zwischen objektiv und subjektiv vergangener Zeit. Die Abfrage der Distanz mit Hilfe dieses Prozesses braucht demnach wenige Ressourcen. Zum anderen können Ereignisse aber auch anhand ihrer assoziierten Nähe zu anderen Ereignissen gespeichert werden (Location). Dabei spielen semantische Informationen sowie Informationen über Abläufe und Sequenzen eine Rolle. Der Abruf über diesen Prozess bedeutet eher eine Rekonstruktion der Vergangenheit anhand assoziierter Ereignisse. Daher ist der Abruf hier aufwendiger und die zeitliche Information ist in geringerem Masse mit der objektiven Zeit verknüpft.

### **6.1.3 Entwicklung des Zeitkonzeptes und Schätzung vergangener Zeitdauern**

Bereits Piaget hat sich mit der Entwicklung einfacher Zeitkonzepte beschäftigt (Piaget, 1955, 1969; Piaget, Feller & McNear, 1958). Er stellte ein Stufenkonzept auf, nachdem bereits bei Säuglingen in den ersten vier Lebensmonaten eine gewisse zeitliche Ordnung von rudimentären Handlungsabläufen, wie ein Spielzeug ergreifen oder die Hand in den Mund stecken, erkennbar wäre. Auch können Säuglinge bereits im Sinne der Mechanismen des klassischen Konditionierens mit sogenannten „praktischen Serien“ umgehen, nachdem sie beispielsweise gelernt haben, dass Schreien mit grösserer oder kleinerer Konsistenz Nahrungszufuhr oder Zuwendung zur Folge haben kann. Im Laufe weiterer vier Monate wären die Säuglinge dann schon in der Lage, Konsequenzen ihrer Handlungen zu erkennen, womit sie über eine Vorher-Nachher-Relation verfügen würden. Im Alter zwischen 8 und 18 Monaten würden sie bereits zwischen Handlungsziel und Handlungen, die diese Zielerreichung vorbereiten, unterscheiden. Es können also sinnvolle Handlungsabfolgen erstellt werden. Auf der letzten Stufe ab dem 18. Lebensmonat schliesslich sind Kinder in der Lage, nicht nur Handlungspläne zu schaffen, sondern sich z.B. auch an Handlungsabfolgen zu erinnern, die sie selber nicht durchgeführt haben. Insofern scheinen sich nach Piaget also bereits in den ersten beiden Lebensjahren basale Konzepte von Zeit im Sinne von mehr oder weniger komplexen Sequenzen zu entwickeln.

Von einem anspruchsvolleren Zeitkonzept ging Piaget (1969) aus, als er die Entwicklung des Verständnisses vom Zusammenhang von Zeit, Distanz und Geschwindigkeit untersuchte. Dabei hat er Kindern unter anderem die Aufgabe gestellt, Start- bzw. Endzeitpunkt zweier partiell synchroner Ereignisse zu bestimmen. Aus seinen Untersuchungen zog er die Schlussfolgerung, dass Kinder vor dem siebten Lebensjahr, und damit vor dem Beginn der konkret-operationalen Phase, die Art der Abhängigkeit von Zeit, Distanz und Geschwindigkeit nicht korrekt erkennen können. Für sie bedeute eine grössere Distanz auch mehr Zeit, die inverse Relation zwischen Zeit und Geschwindigkeit würde noch nicht erfasst. Weiterhin nahm er an, dass sich die Fähigkeit, Zeitdauern zu quantifizieren, erst relativ spät entwickelt. Jüngeren Kindern gestand er lediglich ein ordinales Zeitkonzept zu, mit dem sie zwar entscheiden konnten, welche von mehreren Zeitdauern länger war. Aber sie könnten keine quantitative Bewertung der Dauer abgeben.

Die Fähigkeit von Kindern, Zeit ordinal zu repräsentieren, haben auch Friedman, Gardner und Zubin (1995) untersucht. Dazu liessen sie Kinder im Alter von 3 bis 12 Jahren beurteilen, welches Ereignis länger her war: ihr Geburtstag oder Weihnachten. Die Ergebnisse machten deutlich, dass bereits Kinder, jünger als sechs Jahre, in der Lage waren, die Reihenfolge der beiden Ereignisse korrekt anzugeben, wenn beide Ereignisse zeitlich weit genug voneinander entfernt waren und eines der Ereignisse in den letzten Monaten stattfand. Daraus schlossen Friedman et al. (1995), dass die Fähigkeit, die zeitliche Nähe bzw. *Recency* von Ereignissen zu beurteilen, eine grundlegende Eigenschaft des Gedächtnisses sein müsse, die schon früh vorhanden ist und sich mit zunehmendem Alter nur noch wenig entwickelt. Weitere Informationen über die genaue zeitliche Lokation der Ereignisse und über ihre relativen Auftretenszeitpunkte zueinander konnten hingegen erst Kinder ab neun Jahren korrekt interpretieren. Dies spricht für das frühe Vorhandensein des distanzbasierten Zeitkonzeptes sowie der darauffolgenden Entwicklung des lokationsbasierten Zeitkonzeptes, wie es im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurde. Auch andere Untersuchungen lieferten Hinweise darauf, dass das Zeitkonzept von Kindern doch schon früher entwickelt war, als Piaget dies annahm. So konnte Wilkening (1981; Wilkening & Anderson, 1982) zeigen, dass bereits Fünfjährige die Abhängigkeit von Zeit, Geschwindigkeit und Distanz erkannten. Um die Distanz zu bestimmen, integrierten sie die Zeit und die Geschwindigkeit korrekt multiplikativ. Auch bei der Aufgabe, die Zeit zu bestimmen, bezogen die Fünfjährigen die Distanz und die Geschwindigkeit in ihr Urteil ein. Allerdings subtrahierten sie die Variablen, statt den Quotienten zu bilden. Aber nichtsdestotrotz haben sie die Abhängigkeit zwischen den Variablen berücksichtigt.

Dass Kinder ab dem Alter von sieben Jahren Zeit für ein messbares Konzept halten, hat eine Untersuchung verdeutlicht, bei der Kinder spontan die Schläge eines Metronoms zählten, um die Dauer zweier Zeitintervalle zu schätzen (Wilkening, Levin & Druyan, 1987). In eine ähnliche Richtung weist auch die Untersuchung von Levin, Wilkening und Dembo (1984), die zeigen konnten, dass Kinder bereits ein Verständnis dafür haben, dass Zeit aus einzelnen Einheiten besteht, die addiert werden können. So integrierten Kinder im Alter von sechs bis sieben Jahren bereits zwei Zeitdauern korrekt nach einer additiven Regel.

Hinsichtlich der Entwicklung der Fähigkeit, Zeitdauern im Sekundenbereich zu unterscheiden, haben Levin und Levy (unveröff., zit. nach Levin & Wilkening, 1989) herausgefunden, dass bereits 5-Jährige die Zeitdauern von zwei, vier und sechs Sekun-

den unterscheiden und quantitativ schätzen können. Friedman und andere Forscher konnten zeigen, dass Vier- bis Fünfjährige lernen können, Zeitdauern im Bereich von 3 bis 15 Sekunden akkurat zu reproduzieren (Friedman, 1977; Macar, 1988; Pouthas & Jacquet, 1987). Fraisse (1948, zit. nach Fraisse, 1985) hat Kinder im Alter von sechs, acht und zehn Jahren eine Dauer von 30 Sekunden reproduzieren lassen. Dabei ergab sich, dass die Kinder mit zunehmendem Alter genauere Reproduktionen herstellten, und dass es bei den jüngeren eine deutliche Tendenz zur Überschätzung gab, die im Altersverlauf abnahm. Dies könnte bereits ein Hinweis auf eine altersabhängige Zeitrepräsentation sein, auf die in Kapitel 6.2.3 noch eingegangen wird.

Zakay (1993) untersuchte ebenfalls die Zeitwahrnehmung von Kindern im Sekundenbereich. Sechsjährige mussten dabei eine Zeitdauer von 30 Sekunden prospektiv schätzen. Dabei wurde ihnen nach Abspielen eines 30 Sekunden dauernden auditiven Reizes dieser Reiz erneut vorgespielt. Die Kinder mussten dann angeben, wann er die Dauer des Vergleichsreizes erreicht hatte. Manipuliert hat Zakay dabei die Menge der zu verarbeitenden Information mittels einer zusätzlichen nicht-temporalen Störaufgabe sowie die Motivation durch eine im Voraus versprochene vs. unerwartete Belohnung. Als Resultat ergab sich, dass die Genauigkeit der Zeitschätzung dann am höchsten war, wenn die Kinder während der Schätzung eine Störaufgabe zu bearbeiten hatten und wenn die Belohnung vorher nicht angekündigt wurde. Offensichtlich führte die Strukturierung der Zeit durch die Störaufgabe zu einer höheren Genauigkeit, wohingegen „leere“ Zeit als länger eingeschätzt wurde. Ein ähnliches Muster liess sich auch bei Erwachsenen finden (Block, 1992). Den Einfluss der Komplexität eines Zeitintervalls auf die Schätzung der Zeitdauer hat bereits Hogan (1978) derart zusammengefasst, dass eine besonders geringe wie eine besonders hohe Komplexität zur Überschätzung der Zeitdauern führen kann.

Die Entwicklung der Fähigkeit, Zeitdauern im Millisekundenbereich zu schätzen, haben McCormack, Brown, Maylor, Darby und Green (1999) untersucht. Dabei wurde ein auditiver Standardreiz von 500 ms Dauer vorgegeben. Die Probanden mussten bei Vergleichsreizen im Bereich von 125 ms bis 875 ms jeweils angeben, ob es sich um den Standardreiz handelt oder nicht. Die Resultate ergaben, dass die Gruppe der Kinder ab fünf Jahre sowie ältere Erwachsene zwischen 75 und 99 Jahren im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen eine schlechtere Schätzleistung zeigten. Allerdings scheint es sich in beiden extremen Altersgruppen nicht um das selbe Phänomen zu handeln, das die Abweichungen hervorruft. Während Kinder eher bei zu kurzen Vergleichsreizen



angaben, dass es sich um den Standardreiz handelte, tendierten die älteren Erwachsenen eher dazu, zu lange Vergleichsreize für den Standardreiz zu halten. Die qualitative Verbesserung der Fähigkeit zur Schätzung von Zeitdauern bei Kindern kann man unter anderem darauf zurückführen, dass Kinder im Laufe ihrer Entwicklung lernen, ihre Aufmerksamkeit besser zu kontrollieren. So konnte gezeigt werden, dass der Einfluss von Interferenzen (z.B. zwischen Anzahl der Reize und Präsentationsdauer der Reize) auf die Zeitschätzung mit zunehmendem Alter abnimmt, d.h. ältere Kinder können sich besser auf die bedeutsame Reizdimension konzentrieren und kommen daher auch zu genaueren Schätzungen (Droit-Volet, Clement & Fayol, 2003).

Eine weitere Studie, die den Einfluss des Alters auf Zeitschätzungen untersuchte, wurde von A. D. Eisler und Eisler (1994) mit Erwachsenen aus zwei Altersgruppen (28,8 Jahre respektive 45,5 Jahre) durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass ältere Erwachsene kurze Zeitdauern bis zu 20 Sekunden durchschnittlich als länger einstufen, als jüngere Erwachsene.

Zusammengefasst lässt sich zur Entwicklung des Zeitkonzeptes sagen, dass bereits Säuglinge über rudimentäre zeitliche Strukturen verfügen, die sich im Verlauf der Kindheit zu einem ordinalen Zeitkonzept ausbilden, welches sich im Alter zwischen fünf und sieben Jahren differenziert. Ab diesem Entwicklungszeitpunkt wird die Zeit als mess- und kalkulierbares Konstrukt angesehen und auch kurze Zeitspannen im Sekundenbereich können unterschieden und geschätzt werden. Was sich nach Friedman (1990) hinsichtlich des Zeitverständnisses ab dem Alter von etwa fünf Jahren bis zum Erwachsenenalter noch entwickelt, ist zum einen die Zunahme der Anzahl und der Skalen, mit denen zeitliche Strukturen intern und extern repräsentiert werden können. Dazu zählt auch die Erweiterung der seriellen hin zur lokationsbasierten Zeitrepräsentation. Zum anderen festigt sich das Verständnis, dass Zeit etwas Generelles ist, das messbar ist und unabhängig von Zeitskalen und Zeitzonen besteht. Altersabhängige Zeitschätzungen über die Lebensspanne legen nahe, dass sich im Laufe der Entwicklung zum einen die Mechanismen, die zur Zeitschätzung benötigt werden, verändern. Zum anderen lässt sich vermuten, dass auch die Wahrnehmung und die Repräsentation von Zeit sich in Abhängigkeit des Alters ändert.

#### **6.1.4 Die Entwicklung der Repräsentation zukünftiger Zeit**

Unter diachronem Denken versteht man die Fähigkeit, Dinge im Zeitbezug zu sehen, zeitliche Prozesse als solche wahrzunehmen und dementsprechend vergangene

Zustände nachzuvollziehen sowie zukünftige Zustände zu antizipieren (Montangero, 1992). Dieser Prozessbegriff sowie die Fähigkeit, sich vergangene und zukünftige Zustände vorstellen zu können, sind bedeutsame Faktoren, wenn es darum geht, Bewertungen abzugeben und Entscheidungen zu treffen. Ohne die Antizipation zukünftiger Kosten und Nutzen beispielsweise wird sich eine Entscheidung nur an unmittelbaren Kosten und Nutzen orientieren. Ohne sich vergangene Verläufe vorstellen zu können, wird auch die Vorhersage des weiteren Verlaufs schwierig oder zumindest suboptimal. Aus diesem Grund ist es interessant, zu beleuchten, wie sich diese Fähigkeiten entwickeln. Hendricks (2001) beschreibt, dass Kinder in ihrer ersten Lebenszeit stark auf das Hier und Jetzt zentriert sind, wobei sich schon früh das Gedächtnis zu entwickeln beginnt. Ab dem zweiten Lebensjahr gibt es bereits erste Ansätze für antizipatorische Mechanismen. Ab dem Alter von drei Jahren weisen Kinder schon eine gewisse Fähigkeit zum Belohnungsaufschub auf. Bis zum Alter von sechs Jahren zeigt sich dann ein gewaltiger Entwicklungsfortschritt: Kinder verfügen über das Wissen von Jahreszeiten, der Uhr und haben zudem einen ausgeprägten Sinn für Zeitdauern, auch wenn dieser noch nicht perfekt ist (vgl. auch Kapitel 6.1.3). Bereits Lewis (1937, zit. nach Fraisse, 1985) machte darauf aufmerksam, dass sich schon bei Kindern im Alter zwischen zweieinhalb und drei Jahren eine Zukunftsgerichtetheit zeigt, indem sie Begriffe, wie „heute nachmittag“ oder „morgen“ benutzen. Ab dem Alter von drei Jahren weisen sie Planungen für den nächsten Tag auf und ab dreieinhalb Jahren erkennen sie die Zyklizität innerhalb der Woche, die sich im Lauf des nächsten halben Lebensjahres auf die Zyklizität des Jahres ausweiten soll. Ab acht Jahren würden weitreichende Zukunftspläne, wie Berufswünsche, geäußert. Deutlich wird also, dass sich der Zeithorizont mit zunehmendem Alter weiter ausdehnt. Montangero (1992) hat die Fähigkeit zu diachronem Denken mittels Zeichnungen von Prozessen (Baumwachstum, menschliche Entwicklung) sowie auf linguistischer Basis bei Kindern untersucht. Er konnte zeigen, dass schon Sieben- bis Achtjährige diachrones Denken aufwiesen, indem sie sich sowohl vergangene als auch zukünftige Veränderungen vorstellen konnten. Zu den Entwicklungsfortschritten gehörte, dass die vorgestellte Zeitspanne mit zunehmendem Alter grösser wurde. Ausserdem konnten ältere Kinder besser zwischen der Repräsentation der Zeit und dem Veränderungsprozess an sich unterscheiden, indem sie erkennen, dass ähnliche Veränderungsschritte nicht an gleiche Zeitphasen gebunden sein müssen. Weiterhin wurden die vorgestellten Veränderungen mit zunehmendem Alter zahlreicher und

differenzierter und sie wurden als kontinuierlicher statt als stufenweiser Prozess aufgefasst.

Lennings, Burns und Cooney (1998) haben sich mit der Frage beschäftigt, wie sich die Ausdehnung Zeitperspektive in Abhängigkeit des Alters ändert. Die Zeitperspektive wird von den Autoren als individuell geplante oder antizipierte Zukunft betrachtet. Sie wurde mit einem eigens konstruierten *Time Perspective Questionnaire* (Lennings, 1991) erhoben, bei dem die Probanden je sieben vergangene und zukünftige Ereignisse aus dem privaten Bereich sowie je zehn vergangene und zukünftige Ereignisse aus dem gesellschaftlichen Bereich angeben sollten. Ausserdem sollten sie beurteilen, wann das jeweilige Ereignis passierte bzw. passieren wird. Die Hypothese von Lennings et al. (1998) beruhte darauf, dass sich zwischen Jugendalter und frühem Erwachsenenalter eine qualitative wie quantitative Entwicklung der Zeitperspektive zeigen sollte. Sie nahmen an, dass Jugendliche eher im Moment leben und wenig Zukunftsplanung zeigen, wohingegen die jungen Erwachsenen grössere reflektive Fähigkeiten und eine ausgeprägtere Beschäftigung mit der Zukunft aufweisen sollten. Als Probanden dienten Schüler der Highschool (durchschnittliches Alter: 16,5 Jahre) und Studierende (durchschnittliches Alter: 19,4 Jahre). Entgegen ihrer Annahmen fanden die Autoren keinen signifikanten Einfluss des Alters auf die Ausdehnung der Zeitperspektive. Dazu ist anzumerken, dass die Autoren bedauerlicherweise nur eine kleine Altersspanne untersuchten, obgleich anzunehmen wäre, dass die Veränderungen vielleicht in einem früheren Stadium stattfinden. Auch ist es nicht sehr verwunderlich, dass Lennings et al. keinen Alterseffekt fanden, wenn man die Situation bedenkt, in der sich die Probanden befanden. So sollten Schüler am Ende der Highschool eine recht ausgeprägte Zukunftsplanung aufweisen, weil sie den Übertritt in die Berufsausbildung oder das Studium vor sich haben. In diese Überlegungen spielt sicher auch die Antizipation des zukünftigen Berufes hinein. Studierende hingegen haben bereits eine Entscheidung getroffen, die sie die nächsten Jahre begleiten wird. Aus Erfahrungen im Umgang mit Studierenden lässt sich schliessen, dass viele noch keine konkreten Pläne für die fernere Zukunft haben und daher ihre Zeitperspektive auch nicht so ausgedehnt ist. Die Hypothese von Raynor und Entin (1983) unterstützt diese Argumentation, da sie bereits postulierten, dass der subjektive Zeitsinn für die Zukunft davon beeinflusst wird, welche Ziele man hat, in welcher zeitlichen Entfernung diese Ziele liegen und wie viele Schritte bzw. wie viel Aufwand benötigt wird, um diese Ziele zu erreichen. Je nachdem wie ausgedehnt und elaboriert sich also die eigene Zukunft darstellt, wird auch eine Zeitspanne in Relation

zur eigenen Zukunft anders eingeschätzt. Fraisse (1985) argumentierte weiterführend, dass der emotionale Zustand einer Person als auch die Geschwindigkeit und Stärke ihrer Reaktion von der räumlichen wie zeitlichen Nähe des Ziels abhängen. Je näher man dem Ziel ist, desto stärker sei die Reaktionstendenz, sei es in Richtung Annäherung oder Vermeidung. Diese Argumentation erklärt unterschiedliche Beurteilungs- und Handlungsstrategien in Abhängigkeit der zeitlichen Zielnähe und damit vielleicht auch das Ausbleiben der Alterseffekte in der Untersuchung von Lennings et al.

Doch einen Entwicklungsfortschritt hinsichtlich der zukünftigen Zeitperspektive konnte Silverman (1997) bei Kindern ausmachen. Er stellte Kindern im Alter zwischen 7,4 Jahren und 10,5 Jahren die Aufgabe, wiederkehrende Ereignisse auf vier verschiedenen Zeitskalen einzuordnen. Diese Zeitskalen repräsentierten die Vergangenheit bzw. die Zukunft, und zwar jeweils als Tage bzw. als Jahre. Es zeigte sich eine altersabhängige Verbesserung der generellen Leistungen der Zuordnung der Ereignisse zur Zeit, wobei die Kinder korrektere Angaben auf den Tages-Skalen als auf den Jahres-Skalen machten. Das spricht dafür, dass bei Kindern Tage genauer und differenzierter repräsentiert sind als Jahre. Interessanterweise war die Korrektheit der Antworten auch höher auf den Zukunfts-Skalen als auf den Vergangenheits-Skalen. Dieser Effekt kann darauf zurückgeführt werden, dass es üblicher ist, den Zeitfluss als eine Vorwärtsrichtung von der Vergangenheit über die Gegenwart in die Zukunft anzusehen. Schlussfolgerungen entgegen dieser Richtung könnten daher schwieriger sein als richtungskonforme Schlüsse. Für diese Hypothese spricht auch das Modell der Zeitrepräsentation von Friedman (1989), der annimmt, dass bei Kindern bis zur frühen Jugend eine serielle Zeitrepräsentation vorherrscht. Probleme, die für ihre Lösung eine eher distanzbasierte Repräsentation benötigten, könnten daher in der Kindheit kaum oder nur schwer gelöst werden (vgl. Kapitel 6.1.2).

Bezüglich der Ausdehnung des individuellen Zeithorizontes postulierte Fraisse (1985), dass diese durch all diese Faktoren determiniert sei, die auch die Persönlichkeit ausmachen, wie das Lebensalter, der Lebenskontext, das Temperament und die Erfahrung. Oder, wie Lewin (1952, zit. nach Fraisse, 1985) meinte: „Die Erweiterung des Lebensraumes hinsichtlich der psychologischen Zeitdimension hält bis zum Erwachsenenalter an. Pläne dehnen sich weiter in die Zukunft aus“ (S. 178).

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich der Entwicklung der Repräsentation der zukünftigen Zeitperspektive festhalten, dass sich, abgesehen von frühen, eher konditionierungsbasierten Reiz-Reaktions-Erwartungen, ab dem Alter von anderthalb bis drei

Jahren erste Fähigkeiten zur Antizipation von Ereignissen feststellen lassen. In diesem Alter treten auch erste verbale Kennzeichen der Zukunftsrepräsentation auf. Im Zeitraum von sieben bis acht Jahren hat sich die Fähigkeit zum diachronen Denken, also Ereignisse im Zeitbezug zu sehen, entwickelt, wobei sich die zeitlichen Vorstellungen im weiteren Verlauf noch differenzieren und weiter ausdehnen. Nach bisherigen Überlegungen ist es plausibel, dass die Ausdehnung der Zeitperspektive, also wieweit ausgeht sich Personen die Zukunft vorstellen, altersabhängig ist. Zwar gibt es theoretische Begründungen und erste Befunde bei Kindern hierzu, dennoch ist eine weiterführende empirische Forschung zu dieser Frage dringend nötig.

## **6.2 Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft**

### **6.2.1 Bisherige Befunde zu nicht-linearen Repräsentationen**

#### **Nicht-lineare Zeitrepräsentationen**

Verschiedene Forscher gehen davon aus, dass Zeitkonzepte und Zeitrelationen intern räumlich repräsentiert werden (Friedman, 1991; Trosborg, 1982). Vandierendonck und De Vooght (1998) formulierten auf Grundlage dieser Annahme die *Time Spatialization Hypothesis*. Sie geht davon aus, dass räumliche und zeitliche Repräsentationen grosse Ähnlichkeiten aufweisen (vgl. auch Friedman, 1989), was z.B. daran deutlich wird, dass in verschiedenen Sprachen die gleichen Präpositionen für räumliche und zeitliche Attribute benutzt werden (z.B. „vor jemandem stehen“, „vor acht Uhr da sein“). Ausserdem würden es die kognitiven Fähigkeiten des Menschen nicht erlauben, zeitliche Relationen direkt intern abzubilden (vgl. Kapitel 2.2.1). Man könne sie entweder als abstrakte Konzepte, wie Stunden oder Tage, als Symbole, wie die Uhrzeit, oder über eine Übersetzung in die visuo-räumliche Ebene repräsentieren. Experimentell konnten die Autoren die Ähnlichkeit bzw. Überschneidung räumlicher und zeitlicher Repräsentationen bestätigen. Auch schon Seymour (1980) ging von der Hypothese aus, dass Zeit räumlich repräsentiert sei. In seiner Untersuchung hat er sich mit der Art und Weise der internen Repräsentation von Monaten bei Erwachsenen beschäftigt. Er konnte experimentell belegen, dass Monate offensichtlich mehrheitlich entlang einer Linie repräsentiert waren im Gegensatz zu einer zyklischen Repräsentation. Über den Abstand der Monate in der internen Repräsentation und damit über eine mögliche Non-Linearität der Zeitrepräsentation liess sich jedoch aufgrund seiner Daten keine Aussage machen.

Doch welcher Form folgen die internen zeitlichen Repräsentationen? Sind sie tatsächlich linear oder hängen sie ab von der Dauer bzw. Entfernung zeitlicher Ereignisse?

Man stelle sich ein Szenario vor, bei dem verschiedene Zeitdauern, die beispielsweise durch auditive oder visuelle Reize operationalisiert wurden, voneinander zu unterscheiden sind. Wenn es um die Dauer von fünf und zehn Sekunden geht, wird es nicht schwer fallen, anzugeben, dass es sich um verschiedene Reize handelt. Werden aber Dauern von einer Stunde und fünf Sekunden bzw. einer Stunde und zehn Sekunden vorgegeben, wird es kaum mehr möglich sein, die Reize zu unterscheiden, obgleich die absolute Differenz beider Reizpaare fünf Sekunden beträgt. Intuitiv würde man also sagen, dass natürlich die Unterscheidbarkeit von Zeitdauern von ihrer absoluten Grösse abhängt. Grössere Zeitdauern sollten also auch weiter auseinander liegen, um unterschieden werden zu können. Das wiederum bedeutet, dass die subjektive Zeitwahrnehmung, wie auch die Wahrnehmung physikalischer Reize, einer nicht-linearen Funktion folgen würde. Leider ist die Befundlage zu dieser Hypothese nicht sehr umfassend und dazu widersprüchlich, da die Resultate häufig von der Untersuchungsmethode abzuhängen scheinen. Auch beziehen sich die meisten Untersuchungen auf relativ kurze Zeitdauern im Sekundenbereich. Im folgenden sollen einige Studien zur nicht-linearen Zeitwahrnehmung bzw. -repräsentation vorgestellt werden.

So war Friedman (2000) zwar nicht direkt an der Form der Zukunftsrepräsentation interessiert, sondern eher daran, wie gut Kinder die zeitliche Entfernung von zukünftigen Ereignissen schätzen können. Allerdings legte er bei seinen Untersuchungen implizit einen nicht-linearen Zeitverlauf zugrunde. So gab er Vier- bis Zehnjährigen bekannte Zukunftsereignisse vor, wie z.B. Wochenende oder Weihnachten, und bat sie, die zeitliche Entfernung vom Untersuchungszeitpunkt einzuschätzen. Zur Messung der abhängigen Variable diente ihm das Bild einer Strasse, die sich durch die Landschaft zog. Diese Strasse war durch Pfeiler am Strassenrand gesäumt, die als zeitliche Marker dienen sollten. Das heisst, ein unmittelbarer Zeitpunkt befände sich am Beginn der Strasse, ein zukünftiger Zeitpunkt entsprechend weiter hinten. Da das Bild allerdings perspektivisch war, wurde der Abstand der Pfeiler mit zunehmender Entfernung immer geringer, was im Grunde an sich schon einen nicht-linearen Zeithorizont impliziert, auch wenn dies vom Autor nicht so intendiert war (W. J. Friedman, personal communication, December 2, 2003). Der Fakt, dass Fünftklässler einen linearen Zusammenhang zwischen objektiver zeitlicher Entfernung der Ereignisse und subjektiver Einschätzung der Entfernung aufwiesen, kann entweder darauf hindeuten, dass die Kinder eine nicht-

lineare Repräsentation der Zukunft haben, die der nicht-linearen Abbildung der Strasse entsprach, auf der weiter entfernte Abschnitte immer enger zusammenlagen. Aufgrund der Korrespondenz von subjektiver Repräsentation und objektiver Skala zur Messung der abhängigen Variable würde sich dann ein linearer Zusammenhang ergeben. Oder aber die Kinder hätten eine lineare Repräsentation der Zukunft und würden die objektive Skala ebenfalls als linear ansehen, indem sie auf einer höheren Abstraktionsebene die nicht-lineare zweidimensionale Strasse in eine lineare dreidimensionale Strasse umwandeln würden. Aufgrund der vorliegenden Daten wären beide Interpretationen möglich.

In einer anderen Studie liess Friedman (1998, Experiment 2) vier- bis fünfjährige Kinder Ereignisse, wie ihren Geburtstag, auf einem anderen zeitlichen Kontinuum einordnen, um den geschätzten Abstand zum aktuellen Zeitpunkt zu ermitteln. Dabei ergab sich eine umgekehrt u-förmige Kurve. Das heisst, war der Geburtstag weiter vom Untersuchungszeitpunkt entfernt, wurde er auch als weiter entfernt eingeschätzt. War er mehr als ein halbes Jahr entfernt, wurde er wiederum als näher eingeschätzt, weil Kinder dieses Alters häufig noch vergangene und zukünftige Zeit verwechseln. Interessant für die Frage der Zeitrepräsentation ist, dass eine quadratische Kurve am besten zu den Daten passte. Diese impliziert eine nicht-lineare Funktion zwischen objektiver und subjektiver Zeitdistanz, bei der der subjektive zeitliche Abstand langsamer wächst als der objektive. Das gleiche Bild ergab sich auch für die Einschätzung der zeitlichen Distanz von Urlaub und Sommer. In einem weiteren Experiment der gleichen Studie (Experiment 3) wurde die Methode etwas verändert (anderer Testzeitpunkt, Verkürzung der Testzeit, Zuordnung der Kinder zu Bedingungen, in denen jeweils ein Feiertag gepriemt bzw. abgefragt wurde), um die u-förmige Funktion durch Erleichterung der Testbedingungen möglicherweise zu korrigieren. Hier ergaben sich sogar Potenzfunktionen, die den Zusammenhang zwischen der tatsächlich vergangenen und der subjektiv eingeschätzten Zeit abbildeten. Zusammengefasst zeigten die Ergebnisse für Zeitskalen der Vergangenheit von mehreren Monaten bis zu einem Jahr bei Kindern einen nicht-linearen Zusammenhang zwischen objektiv und subjektiv vergangener Zeit. Der Exponent lag dabei im Bereich von .20 und .35.

Andere Untersuchungen (Eisler, A. D. & Eisler, 1994; Eisler, H., 1996; Eisler, H. & Eisler, 1991) konnten auch für die Zeitwahrnehmung von Zeitdauern im Sekundenbereich eine psychophysische Potenzfunktion mit einem Exponenten, der etwas kleiner als eins ist, identifizieren, die am besten die Beziehung zwischen wahrgenommener und tatsächlicher Zeit beschrieb. Das bedeutet, dass die subjektive Zeitschätzung

langsamer anstieg als die objektive Zeit, wobei es bei längeren Zeitdauern zu grösseren Abweichungen kam. Diese psychophysische Potenzfunktion ergab sich dabei sowohl bei Experimenten mit Menschen als auch bei Ratten, und auch in einer weit angelegten Metaanalyse mit Daten aus 107 Jahren Zeitdauer-Forschung (Eisler, H., 1976). Ausführlicher wird die Frage der Psychophysik der Zeit im nächsten Kapitel beschrieben.

Eine Studie, die von Ferguson und Martin (1983) ebenfalls mit Erwachsenen zur zeitlichen Distanz von vergangenen Ereignissen durchgeführt wurde, wies lineare Zusammenhänge zwischen der tatsächlich vergangenen und der subjektiv geschätzten Zeit auf. Allerdings kam es zu einer systematischen Überschätzung der zeitlichen Distanz von jüngeren Ereignissen und einer systematischen Unterschätzung der zeitlichen Distanz älterer Ereignisse. Abgesehen davon, dass es sich hier im Vergleich zu den vorher beschriebenen Studien um lange Zeitdauern von bis zu fünf Jahren handelte, ist an der Untersuchung von Ferguson und Martin kritisch anzumerken, dass sie die Probanden den Zeitpunkt bekannter gesellschaftlicher Ereignisse einschätzen liessen. Diese Ereignisse könnten unterschiedlich stark durch die Medien gewichtet worden sein. Die Folge ist, dass die Erinnerung und damit auch die zeitliche Einordnung durch die Mediengewichtung beeinflusst worden sein kann.

In ähnlicher Weise haben auch Friedman und Huttenlocher (1997) die subjektive, zeitliche Repräsentation vergangener Ereignisse untersucht. Sie interviewten erwachsene Personen über den Zeitpunkt von verschiedenen News, die diese Personen in den letzten Monaten in den Nachrichten gesehen hatten. Dabei ergab sich mit zunehmendem zeitlichen Abstand vom Interviewdatum eine Unterschätzung der zeitlichen Entfernung, während der Zeitpunkt näherer Ereignisse relativ gut eingeschätzt wurde. Dies ist ein Hinweis darauf, dass scheinbar der Zeitpunkt von Gedächtnisinhalten nicht entlang eines linearen Zeitstrahls repräsentiert wird. Vielmehr scheinen die Ereignisse mit zunehmender zeitlicher Distanz, relativ gesehen, näher zueinander repräsentiert zu sein. Allerdings wurde auch hier die generelle Medienpräsenz der Ereignisse nicht kontrolliert, die einen Einfluss auf die Genauigkeit der Erinnerung haben kann. Fasst man die Ergebnisse von Ferguson und Martin (1983) sowie Friedman und Huttenlocher zusammen, wird deutlich, dass in beiden Untersuchungen zumindest die zeitliche Distanz weiter entfernte Ereignisse unterschätzt wurde.

Im Gegensatz zu den eben beschriebenen Befunden haben Gallant, Fidler und Dawson (1991) versucht, die Hypothese zu bestätigen, dass die wahrgenommene Zeit mit zunehmendem Alter immer schneller verläuft, somit also Jahre, die länger zurück-



liegen, als länger eingeschätzt werden sollten als z.B. das letzte Jahr. Tatsächlich kommen Sie auf Basis der Befunde ihrer Fragebogenstudie zu einem Faktor, nach dem länger zurückliegende Jahre als 1,4 mal länger empfunden wurden als das vergangene Jahr. Allerdings nehmen die Autoren diesen Faktor als über die Lebenszeit konstant an, weil ihre Probanden auf die Frage, wie lang ein Jahr in der Mitte ihres Lebens war im Vergleich zum letzten Jahr, durchschnittlich die gleiche Antwort gaben wie auf die Frage, wie lang ein Jahr nach einem Viertel ihres Lebens war im Vergleich zum letzten Jahr. Die komplizierte Formulierung deutet schon darauf hin, dass die Methodik von Gallant et al. (1991) kritisch betrachtet werden muss. Zum einen kann man daran zweifeln, dass die Probanden die Frage überhaupt korrekt verstanden haben. Zum anderen wäre es empfehlenswert gewesen, unterschiedlich alte Probanden zu befragen, wenn man den Einfluss des Alters auf die Wahrnehmung von Zeitdauern untersuchen will, statt sich auf das autobiographische Gedächtnis lediglich einer Altersgruppe zu verlassen. Schliesslich kann hier, wie auch in anderen Untersuchungen zur Zeitwahrnehmung und -repräsentation die Vordergründigkeit der Fragestellung bzw. die Operationalisierung bemängelt werden, weil damit eher die objektive und lineare Zeitrepräsentation als Abfolge von Stunden, Tagen und Jahren aktiviert wird, statt die subjektive Wahrnehmung zu ermitteln. So könnte die aus einigen oben vorgestellten Untersuchungen resultierende, scheinbare Linearität der Zeitrepräsentation bei Erwachsenen damit erklärt werden, dass Erwachsene eine Zeitrepräsentation besitzen, die sich stärker als bei Kindern am Kalender und damit an linearen Verläufen orientiert. Je nach Untersuchungsmethode könnte damit selbst bei der subjektiven Einschätzung zeitlicher Distanzen dieses kalenderische Wissen dominieren.

Die Abhängigkeit der Form der psychophysischen Funktion von der Methode betont auch Fraisse (1984) in Übereinstimmung mit Allan (1979; zit. nach Fraisse), der postuliert, dass man einen linearen Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Dauer nur unter Verwendung von Methoden erhält, die kein ins Verhältnissetzen von Zeitdauern erfordern. Nutzt man hingegen Methoden, bei denen die Probanden z.B. einen zeitlichen Reiz verdoppeln oder halbieren sollen, zeige sich ein exponentieller Zusammenhang zwischen Zeit und ihrer Wahrnehmung. Weiterhin scheint es auch Unterschiede in Abhängigkeit davon zu geben, ob es sich um die Schätzung sehr kurzer (Millisekunden bis zu wenigen Sekunden) oder sehr langer Zeitintervalle (Stunden, Tage, Monate etc.) handelt (vgl. Aschoff, 1985; Poynter, 1989). Aus den oben beschriebenen Untersuchungen wird deutlich, dass es Hinweise auf eine nicht-lineare Zeitreprä-

sensation gibt, und zwar sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen und sowohl im Sekundenbereich als auch bezogen auf lange Zeitspannen, wie Wochen und Monate. Dieser Effekt scheint jedoch von der Untersuchungsmethode abzuhängen, bei der beachtet werden muss, dass tatsächlich die subjektive Wahrnehmung bzw. Repräsentation erhoben wird und nicht konventionelle Zeitstrukturen aktiviert werden. Daher ist es nachvollziehbar, dass manche Studien auch einen linearen Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver zeitlicher Distanz gefunden haben. Deutlich wird, dass auf diesem Gebiet noch weitere Forschung nötig ist, um die Annahme der nicht-linearen Zeitrepräsentation zu stärken.

## **Die Psychophysik der Zeit**

Wie schon erwähnt, ist die Psychophysik der Forschungsbereich der Psychologie, der sich mit der Beziehung zwischen physikalischen Reizen und deren psychologischer Wahrnehmung beschäftigt (vgl. Kapitel 2.1.1). Die Relation zwischen einer physikalischen und einer subjektiven Skala wird psychophysische Funktion genannt und nimmt für fast alle untersuchten Kontinua die Form einer Potenzfunktion an (vgl. Eisler, H. & Eisler, 1991).

Ein frühes psychophysisches Modell geht auf Weber zurück (1850, zit. nach Nieder & Miller, 2003). Er postulierte in seinem gleichnamigen Gesetz, dass die Diskriminationsschwelle zwischen zwei Reizen proportional mit der Reizintensität zunimmt. Daraus ergibt sich eine Konstante, die sich aus der Relation der Diskriminationsschwelle zur physikalischen Reizintensität berechnen lässt. Fechner (1860, zit. nach Nieder & Miller) erweiterte dieses Gesetz durch die Annahme, dass eine lineare Zunahme der subjektiven Reizempfindung proportional zum Logarithmus der physikalischen Reizintensität sei und physikalische Reize somit intern logarithmisch skaliert sind. Stevens (1961, zit. nach Nieder & Miller) widersprach dieser Form und nahm an, dass die psychophysische Funktion vielmehr eine Potenzfunktion sei, bei der sich die subjektive Reizempfindung aus der potenzierten physikalischen Reizintensität ergibt. Dies bedeutet, dass gleiche Verhältnisse der Reizintensität zu gleichen Verhältnissen der subjektiven Reizempfindung führen. In der Folge kam es zu ausgedehnten Diskussionen, ob das logarithmische oder das exponentielle Modell die empirischen Daten besser erklärt. Wagenaar (1975) entschärfte diesen Gegensatz, indem er verdeutlichte, dass beide Modelle ohnehin ähnliche Annahmen machen. So lägen die Exponenten psychophysischer Funktionen unter Einbezug der subjektiven Zahlenskala (s. nächster Ab-

satz) im Bereich von .1 und .6. In diesem Bereich sind allerdings logarithmische und Potenzfunktionen kaum zu unterscheiden, weswegen es auch nicht nötig sei, sich für ein Modell zu entscheiden.

Bezüglich der Zeit besteht nun das Problem, dass sie kein direkter physikalischer Reiz ist. Zwar kann man sie mit moderner Technik auch auf physikalischer Basis definieren (vgl. Kapitel 2.2.1), doch ist sie in dieser Form nicht für den Menschen wahrnehmbar. Aber Zeit postuliert sich in diversen wahrnehmbaren Ereignissen, wie dem Ticken der Uhr, dem Ablauf der Tageszeiten, körperlicher Abläufe und Bedürfnisse oder aber im Zusammenhang von Distanz und Geschwindigkeit. Über diese Wege ist sie indirekt wahrnehmbar sowie speicher- und erinnerbar. Ausserdem können Menschen Operationen auf der Zeitdimension ausführen, also zum Beispiel Zeitspannen halbieren oder verdoppeln. Und sie können Zeit, und zwar vergangene wie gegenwärtige und auch zukünftige Zeit, repräsentieren. Die Zukunftsrepräsentation bildet die Grundlage für Motivation, Zielsetzung und geplantes Handeln und ist aus diesem Grund lebensnotwendig.

Eisler und Eisler (Eisler, A. D. & Eisler, 1994; Eisler, H., 1976; Eisler, H. & Eisler, 1991) haben die psychophysische Funktion für Zeitdauern untersucht. Dabei haben sie als Reize ausschliesslich Zeitdauern im Bereich von Millisekunden bis mehreren Sekunden benutzt. Sie konnten in ihren Untersuchungen zur Reproduktion von Zeitdauern zeigen, dass der Exponent bei Erwachsenen relativ nahe an eins ist, die psychophysische Funktion sich daher einer linearen Funktion annähert. Die gleichen Experimente führten sie mit Ratten und Kindern durch, wobei sich bei beiden Gruppen ein kleinerer Exponent ergab, der bei durchschnittlich 0.5 lag. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch Droit-Volet (2003), die die Schätzung kurzer Zeitintervalle bis maximal vier Sekunden bei Kindern im Alter zwischen drei und acht Jahren untersuchte. Auch bei ihr ergab sich ein Anstieg der psychophysischen Funktion mit zunehmendem Alter. Führt man diese Ergebnisse mit denen aus Untersuchungen an Erwachsenen unterschiedlichen Alters zusammen (Eisler, A. D. & Eisler, 1994), kann man einen Alterseffekt bezüglich der Reproduktion von Dauern erkennen: je jünger die Personen waren, desto stärker war die Unterschätzung der vorgegebenen Zeitdauern. Dieser Effekt folgt dem Ansatz, dass die Zeitwahrnehmung und -schätzung mit der bereits verlebten Lebenszeit zusammenhängt. Das heisst, dass Personen zu schätzende Zeit in Relation setzen zu ihrem Lebensalter und jüngere Personen demzufolge Zeit eher als kürzer ein-

schätzen als ältere Menschen (Eisler, H., 1996), wobei anzunehmen wäre, dass der Effekt des Lebensalters eher bei längeren Zeitdauern zum Tragen kommt.

Crystal (2001) konnte bei Ratten ebenfalls eine nicht-lineare Beziehung zwischen der physikalischen und der wahrgenommenen Zeitdauer feststellen. Allerdings findet diese sich auch hier besonders bei kurzen Zeitintervallen im Millisekunden- bzw. Sekundenbereich.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich für die Schätzung der Dauer kurzer, vergangener Intervalle eine psychophysische Funktion in Form einer Potenzfunktion ergibt. Der Exponent nähert sich dabei mit zunehmendem Alter immer mehr eins an, was bedeutet, dass sich die Zeitschätzung im Sinne der Norm optimiert. Jüngere Personen neigen eher zur Unterschätzung der Dauer von Intervallen im Sekundenbereich. Für längere bzw. zukünftige Intervalle liegen leider kaum Ergebnisse vor.

### **Nicht-lineare Zahlenrepräsentation**

Im Zusammenhang mit der Zeitrepräsentation kann man auch fragen, wie eigentlich Zahlen, die die Grundlage für das kalendarische Zeitsystem Erwachsener bilden, mental repräsentiert sind. Im Vergleich zur Zeitrepräsentation ist diese Frage schon lange das Thema vieler Diskussionen. In der Folge wurde versucht, psychophysische Gesetze auch auf die subjektive Wahrnehmung von Mengen und Zahlen anzuwenden. Frühe Untersuchungen, die sich mit der Unterscheidbarkeit von Zahlenwerten beschäftigten, konnten nicht-lineare subjektive Zahlenskalen ausmachen, die durch einen Exponent um .40 gekennzeichnet waren (Rule, 1971). Mittels der Magnitude Estimation Technik ergaben sich für die subjektive Zahlenrepräsentation ebenfalls Potenzfunktionen mit einem Exponent zwischen .6 und .9 (Curtis, 1970). Später entwarfen Dehaene und Changeux (1993) ein Modell, das die interne Repräsentation von Zahlwerten als eine logarithmische Funktion beschreibt. Der Abstand zwischen den intern repräsentierten Zahlwerten bleibt dabei nicht gleich, sondern wird, entsprechend dem Weber-Fechner-Gesetz (vgl. Wagenaar, 1975), mit wachsender Zahlengröße geringer. Dehaene (2003) sieht sein Modell durch neuere Befunde aus der Neuropsychologie (Nieder & Miller, 2003) unterstützt. Banks und Coleman (1981) postulierten ebenfalls eine nicht-lineare Zahlenrepräsentation in bestimmten Kontexten. So soll die Form der Zahlenrepräsentation aufgabenabhängig sein. Wenn durch die Aufgabe keine obere Grenze festgelegt sei, sollte die Zahlenrepräsentation einer gebremsten Exponentialfunktion folgen und die subjektive Repräsentation langsamer wachsen als die objektiven Zahlenwerte.

Gibt es jedoch eine Grenze, die sich aus der Aufgabe ergibt, sollte die Zahlenrepräsentation eher linear sein und damit der objektiven Grösse der Zahlen weitgehend entsprechen.

Auch Siegler und Opfer (2003) haben die Frage der Zahlenrepräsentation untersucht und ebenfalls zwei, jedoch altersabhängige Repräsentationsarten finden können. Sie liessen Kinder der 2., 4. und 6. Klasse sowie Erwachsene verschiedene Zahlen einer Position auf einem Strahl zuordnen (*Number To Position*). Ausserdem sollten sie umgekehrt von der Position auf dem Strahl auf die Zahl schliessen (*Position To Number*). Die Ergebnisse zeigten, dass Kinder der 2. Klasse die Zuordnungen eher nach einer logarithmischen Funktion vornahmen. Bei den Kindern der 4. Klasse passten sowohl lineare als auch logarithmische Kurven zu den Daten. Bei den Sechstklässlern und Erwachsenen hingegen ergaben lineare Funktionen die höchste Varianzaufklärung. Kritisch anzumerken ist, dass in der Studie Zahlen von 0 bis 1000 benutzt wurden, die Zweitklässler (Durchschnittsalter: 7,9 Jahre) aber vermutlich in der Schule noch nicht Zahlen dieser Grössenordnung behandelt haben. So wird die 900 der 100 schon deshalb relativ ähnlich sein, weil die Kinder mit beiden Zahlen noch wenig Umgang hatten und sich daher beide ähnlich schlecht vorstellen konnten. Dieser Einwand könnte vielleicht sogar eine generelle Erklärung für verschiedene nicht-lineare Repräsentationen sein (vgl. auch Kapitel 6.2.3). Nichtsdestotrotz weisen die Befunde von Siegler und Opfer auf das Vorhandensein logarithmischer Zahlenrepräsentationen unter bestimmten Bedingungen hin. Zusammengefasst lässt sich also festhalten, dass es überzeugende Hinweise für eine nicht-lineare Repräsentation der Zahlen gibt. Diese könnte auch die Grundlage bilden für eine nicht-lineare Zeitrepräsentation.

### **6.2.2 Die Construal Level Theory von Liberman und Trope (1998)**

Liberman und Kollegen (Liberman, Sagristano & Trope, 2002; Liberman & Trope, 1998; Sagristano, Trope & Liberman, 2002; Trope & Liberman, 2000) sind der Frage nachgegangen, wie individuelle Reaktionen auf zukünftige Ereignisse, also z.B. Vorhersagen, Evaluationen oder Entscheidungen, durch deren zeitliche Distanz beeinflusst werden. Ihrer in der Folge entwickelten Theorie (*Construal Level Theory*) liegt die Annahme zugrunde, dass sich die mentale Repräsentation zeitlich naher von zeitlich entfernten Ereignissen unterscheidet. So postulieren sie, dass bei grösserer zeitlicher Distanz Ereignisse eher abstrakt und dekontextualisiert repräsentiert werden (*High Level Construals*). Bei geringerer zeitlicher Distanz sollte die Repräsentation von Ereignissen

nissen eher konkreter, kontextgebundener und detaillierter sein (*Low Level Construals*). Ausserdem wird angenommen, dass das Gewicht der Low Level Construals bei Entscheidungen über die Zeit abnimmt, das Gewicht der High Level Construals jedoch zunimmt. Anders formuliert kann man bei Objekten zentrale (z.B. Funktion - high level) und periphere Eigenschaften (z.B. äussere Erscheinung - low level) unterscheiden. Das Gewicht der zentralen Eigenschaften nimmt nach Trope et al. also über die Zeit zu, das der peripheren Eigenschaften nimmt mit der Zeit ab. Dies erklärt zum Beispiel auch die menschliche Schwäche, sich eher für schnelle aber kleinere Freuden zu entscheiden (z.B. der sinnliche Genuss eines Essens) statt von den längerfristigen, aber funktionaleren Folgen zu profitieren (z.B. schlank und gesund zu bleiben). Von diesem Modell ausgehend lässt sich ableiten, dass, wenn man Menschen nach persönlichen Zielen fragt, die sie für die nahe Zukunft haben, relativ viele konkrete und detaillierte Angaben gemacht werden würden (low level). Würde man dieselben Menschen aber nach Zielen fragen, die sie für die gleiche Zeitdauer, jedoch erst in der fernen Zukunft haben, würde man erwarten, dass dort eher weniger und dafür abstraktere Ziele genannt werden (high level). Befunde, die diese Annahme unterstützen, haben unter anderem gezeigt, dass Personen zur Klassifikation von Objekten, die in zeitlich fernen Ereignissen eine Rolle spielen, breitere Kategorien benutzen als bei der Klassifikation von Objekten in nahen Ereignissen. Weiterhin lagen Urteilen, die sich auf die ferne Zukunft bezogen, weniger Dimensionen zugrunde als Urteilen, die sich auf die nahe Zukunft bezogen. Ausserdem zeigte sich, dass, wenn Personen Ereignisse der nahen Zukunft beschrieben, sie weniger einheitliche und mehr unterscheidbare Ereignisse angaben. Die Ereignisse der fernen Zukunft waren dagegen eher prototypischer Natur (Liberman et al., 2002).

Andererseits haben Untersuchungen aus der Zeitwahrnehmungsforschung ergeben, dass ein Zeitintervall, das durch mehr Ereignisse (z.B. Termine oder Ziele) unterteilt ist, auch als länger beurteilt wird (Fraisse, 1961). In eine ähnliche Richtung geht eine Hypothese von Ornstein (1969), nach der die wahrgenommene Dauer eines Intervalls auf der Menge der Gedächtnisinhalte basiert, die mit dem Intervall assoziiert sind. Das heisst, je mehr Information während eines Intervalls gespeichert wurde, als desto länger wird es wahrgenommen. Der Umfang dieser Gedächtnisinhalte ist einerseits abhängig von der tatsächlichen Menge der Informationen als andererseits auch von der Komplexität dieser Inhalte.

Verknüpft man nun die Annahmen der Construal Level Theory mit der Zeitwahrnehmung, kann man schliessen, dass zeitlich entferntere Intervalle abstrakter reprä-

sentiert sind und sich daher weniger durch konkrete Handlungsziele auszeichnen. Dies kann dazu führen, dass entferntere Zeitintervalle auch als kürzer beurteilt werden im Vergleich zu nahen Zeitintervallen, die sich durch eine Reihe von konkreten Handlungszielen auszeichnen. Diese unterbrechen den Zeitfluss öfter, weshalb die nahen Intervalle als länger eingeschätzt würden. Auch Friedman (1990) stellte diesen Zusammenhang her, indem er davon ausging, dass Zeitintervalle, die mit vielen Gedanken und Empfindungen angereichert sind, eher überschätzt werden im Vergleich zu reizärmeren Intervallen. Daraus könnte eine nicht-lineare Zeitrepräsentation folgen, bei der Zeitintervalle in der nahen Zukunft als länger eingeschätzt werden als die gleichen Zeitintervalle der entfernten Zukunft.

### **6.2.3 Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft**

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Befunde und theoretischen Ansätze sowie zum Teil auch die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente, so unterschiedlich sie auch sein mögen, lassen ein gemeinsames Erklärungsmodell zu, das im folgenden ausführlicher vorgestellt werden soll. Betrachtet man nochmals die Fragestellungen der in den Kapiteln 3 bis 5 vorgestellten, im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente, so wird deutlich, dass in allen der zukünftige Zeithorizont eine wichtige Rolle spielt. So wurde in Experiment 1 untersucht, welche Auswirkung die Verzögerung des Feedbacks über unsichere Ereignisse auf deren Bewertung und Entscheidung hat. Im Experiment 2 ging es um den Einfluss der Zeit auf die Bewertung verzögerter Ereignisse. Im letzten Experiment schliesslich stand die Fähigkeit, die Entwicklung zukünftiger Ereignisse zu schätzen, im Mittelpunkt. Wenn man sich mit derartigen Fragen auseinandersetzt, kann man die Ergebnisse zum einen datenbasiert interpretieren, was in den jeweiligen Diskussionen auch geschehen ist. Zum anderen kann man sich die gemeinsame Rolle des Zeithorizontes zunutze machen, um zu weitergehenden theoretischen Annahmen zu gelangen. Konkret liesse sich fragen, wie die zukünftige Zeit, die in allen drei Experimenten bedeutsam war, repräsentiert wird und ob ihre Repräsentation ein Faktor ist, der die Ergebnisse der verschiedenen Bereiche gleichermassen beeinflusst. Schliesslich ist ein direkter Zusammenhang zu vermuten zwischen der Struktur der Zukunftsdimension und den Operationen, die Personen darauf ausführen, indem sie Bewertungen und Entscheidungen treffen. Leider gibt es zu der Frage der Form der Zeitrepräsentation der Zukunft kaum empirische und theoretische Erkenntnisse, weswegen zumindest die in den Kapiteln 6.1.3 bis 6.2.2 angeführten Er-

gebnisse sowie die Resultate der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente dazu dienen sollen, einen neuen Ansatz abzuleiten. Dieser Ansatz soll im folgenden das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft (*Non-linear Future Time Representation*) genannt werden.

Ergebnisse aus verschiedenen Bereichen deuten darauf hin, dass Personen über nicht-lineare Repräsentationen verfügen, sei dies bei der Repräsentation von Zahlen, der Repräsentation der Vergangenheit oder aber im Bereich der Psychophysik. Das heisst, obgleich es objektive Dimensionen mit linearen Einheiten gibt, wie Zahlen, Zeiteinheiten oder physikalische Einheiten, werden diese offenbar zum Teil intern nicht-linear abgebildet. Wie steht es nun um die Repräsentation der Zukunft und gibt es auch hier einen psychophysischen Zugang? Das heisst, wie wird beispielsweise die Dauer einer Woche repräsentiert in Abhängigkeit davon, wann in der Zukunft sie stattfinden wird? Oder aber: wird eine Woche in einem Jahr als kürzer beurteilt als eine Woche ab heute? Problematisch ist hierbei, dass es sich bei der zukünftigen Zeit nicht um eine Empfindung im psychophysischen Sinn handelt, sondern eher um die Antizipation eines Ereignisses. Zum anderen wird man bei dieser Frage wieder mit den methodischen Problemen der Zeitwahrnehmungsforschung konfrontiert (vgl. Kapitel 6.1.1). Man kann Personen nicht direkt fragen, wie lang ihnen eine Woche in Abhängigkeit unterschiedlicher Verzögerung vorkommt, weil man als Antwort vermutlich „eine Woche“ bekommen würde, da die Salienz der objektiven Zeiteinheiten das subjektive Urteil dominieren könnte. Denn es ist davon auszugehen, dass die subjektive Zeitrepräsentation von Personen kaum bewusst angewendet wird, da sie über das explizite Wissen objektiver Zeitmessung verfügen. Vielmehr wird angenommen, dass sie die subjektive Zeitrepräsentation ihren Urteilen und Handlungen implizit zugrundelegen. Die mögliche Koexistenz von konventioneller und subjektiver Zeitrepräsentation lässt sich durch folgende Analogie verdeutlichen. Wenn man eine Strasse sieht, die sich vom eigenen Standpunkt ausgehend in die Ferne erstreckt, dann sieht man, dass die Strasse, je weiter sie sich entfernt, schmaler wird. Dies ist der objektive Sinneseindruck. Aber natürlich weiss man, dass die Strasse nicht wirklich schmaler wird, sondern an jeder Stelle die gleiche Breite aufweist. Ähnlich könnte es auch mit der Zeitrepräsentation sein. Man hat das Gefühl, dass die Dauer eines Jahres in der entfernten Zukunft, also z.B. in 55 Jahren, viel kürzer ist als ein Jahr ab sofort. Und man lässt sich durch diesen Eindruck vielleicht auch in Urteilen und Entscheidungen beeinflussen. Zugleich weiss man aber explizit, dass ein Jahr objektiv immer ein Jahr sein wird, egal, wann es stattfindet. Vielleicht sind



diese beschriebenen methodischen Schwierigkeiten bei der Erfassung der subjektiven Zeitrepräsentation ein Grund, weswegen es zur Frage der Zeitrepräsentation der Zukunft vergleichsweise wenige Studien gibt. Daher sollen an dieser Stelle zumindest einige theoretische Ausführungen folgen.

Voranzuschicken sei, dass sich das im folgenden beschriebene Modell auf die Repräsentation längerer Zeitdauern bezieht. Zwar hat man bereits mit psychophysischen Methoden zeigen können, dass die subjektive Zeitwahrnehmung nicht linear ist. Allerdings bezogen sich diese Untersuchungen auf die retrospektive Zeitschätzung und auf sehr kurze Zeiten im Sekundenbereich. Es ist anzunehmen, dass bei derartigen Dauern andere Mechanismen, wie z.B. die Aufmerksamkeit, zum Tragen kommen als bei längeren und zukünftigen Zeitdauern. Daher beschränkt sich das folgende Modell auf zukünftige Zeitdauern, die länger als einige Sekunden oder Minuten sind. Das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft geht davon aus, dass zukünftige Zeitdauern nicht linear repräsentiert sind, sondern mit zunehmender Dauer gebremst, also etwa exponentiell mit einem negativen Exponenten wachsen. Das bedeutet zum Beispiel, dass eine Woche ab sofort über eine längere Repräsentation verfügt als eine Woche in einem Jahr. Oder aber, um eine subjektive Repräsentation der Dauer einer Woche ab sofort zu erhalten muss einer zukünftigen, objektiven Woche noch etwas Dauer zugefügt werden, damit die wahrgenommenen Repräsentationen gleich lang erscheinen. Weiterhin wird postuliert, dass sich die Form dieser nicht-linearen Funktion der repräsentierten Dauer von zukünftiger Zeit vom Alter abhängt. So sollte eine Woche ab sofort von jüngeren Personen als länger repräsentiert werden als von Älteren. Mit zunehmender Distanz zur Gegenwart sollte sich aber dieses Verhältnis annähern bzw. umkehren, so dass Jüngere entfernte Zeitperioden ähnlich oder sogar kürzer repräsentieren als Ältere. Alle Altersgruppen sollten wiederum die entfernteren Zeiten kürzer repräsentieren, als sie tatsächlich sind. Das heisst, dass beispielsweise eine Woche in einem Jahr von einem Kind als kürzer repräsentiert ist als bei einem Erwachsenen - und beide Repräsentationen wiederum kürzer sind als die Repräsentation einer Woche ab sofort (vgl. Abbildung 30).

Die letztgenannte Hypothese, dass die Form der nicht-linearen Zeitrepräsentation altersabhängig sei, stützt sich unter anderem auf Ausführungen von Lens, Simons und Dewitte (2002), die eine individuelle *Future Time Perspective* (FTP) postulieren, die angibt, inwieweit die chronologische Zukunft eines Individuums in deren Gegenwart integriert ist (vgl. Kapitel 6.1.4). Die Future Time Perspective wird unter anderem

dadurch erhoben, dass man betrachtet, wie weit Pläne und Ziele eines Individuums in die Zukunft reichen. Dabei wird angenommen, dass Personen mit einer langen FTP ein chronologisches Zeitintervall in der Zukunft als kürzer ansehen als Personen mit einer kurzen FTP. Das heisst, die Beurteilung zukünftiger Dauern wird durch die Dauer der subjektiven Zukunftsperspektive beeinflusst. Nun könnte man schlussfolgern, dass, abgesehen von interindividuellen Schwankungen in jeder Altersgruppe, Kinder allein schon aufgrund ihres Lebensalters eine generell längere Zukunftsperspektive haben als Erwachsene und daher zukünftige Zeiten auch relativ kürzer repräsentieren. Zum anderen haben auch Green, Myerson und Ostaszewski (1999) in der Diskussion ihrer Ergebnisse zu altersabhängigen Discount-Raten (vgl. Kapitel 2.2.3) auf die Möglichkeit Bezug genommen, dass die Zeit in Abhängigkeit des Alters unterschiedlich skaliert ist. Konkret spekulieren sie darüber, dass bei jüngeren Personen, im Vergleich zu Älteren, entferntere Zeiten relativ äquivalent und daher wenig unterscheidbar sein könnten. Auch Mischel et al. (1992) zieht eine solche altersabhängige Zeitskalierung in Betracht. Diese These wird im Modell des nicht-linearen Zeithorizontes wieder aufgenommen.

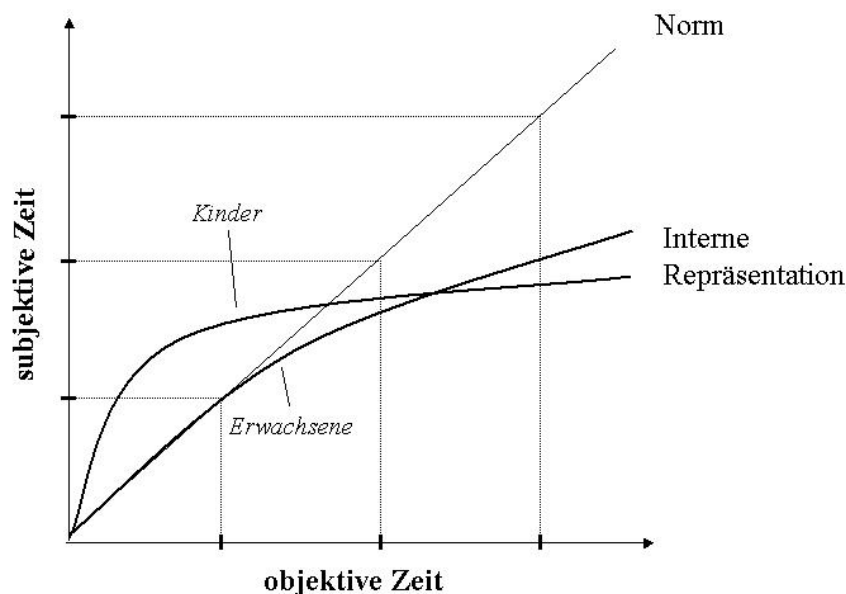


Abbildung 30. Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft in Abhängigkeit des Alters.

Wenn es diese Verzerrungen in der Zeitrepräsentation gibt, könnte man auch ein lineares Modell annehmen, das keinen perfekten Zusammenhang zwischen subjektiver und objektiver Dauer zugrunde legt, sondern dessen Funktion lediglich eine Steigung kleiner als eins hat. Auf Basis dieser Funktion würde die subjektive Repräsentation auch

mit zunehmender objektiver Dauer abnehmen, allerdings um einen festen Faktor. Der Nachteil dieses Modells wäre jedoch, wenn man unterschiedliche Steigungen für unterschiedliche Altersgruppen annimmt, dass diese in jedem Fall mit zunehmender objektiver Dauer auseinander gehen würden. Das heisst, die Altersunterschiede bezüglich der subjektiven Repräsentation würden sich besonders bei langen Dauern ergeben. Intuitiv aber würde man vermuten, dass sehr lange Zeitdauern von zum Beispiel zweihundert Jahren von jungen und älteren Menschen ähnlich repräsentiert werden, sich hingegen eher unterschiedliche Repräsentationen bei Dauern von beispielsweise einer Woche oder zwei Monaten ergeben würden. Daher wird ein nicht-lineares Modell bevorzugt, das lineare aber aufgrund mangelnder Befunde nicht ganz verworfen.

Ein weiteres Argument für das nicht-lineare Modell ergibt sich aus einer Erklärung, die generell für nicht-lineare psychophysische Funktionen herangezogen werden könnte. Sie wurde bereits weiter oben kurz angesprochen und soll an dieser Stelle ausgeführt werden. So könnte man annehmen, dass die verminderte Sensitivität auf grösser werdende Reize dadurch zustande kommt, dass Personen, relativ gesehen, mehr Erfahrungen mit kleineren Reizen haben und diese daher auch besser differenzieren können. Als Anschauung soll der Bereich auditiver Reize dienen. Dort ist für die Lautstärke schon vor langer Zeit eine nicht-lineare psychophysische Funktion nachgewiesen worden (Fernberger, 1917). Betrachtet man Lautstärken im Normalbereich, das heisst Lautstärken in einem Bereich, der Menschen im Alltag umgibt, so können diese auch gut diskriminiert werden. Kommen Lautstärken hingegen in einen Extrembereich, nimmt die Differenzierbarkeit ab. Dabei muss zugestanden werden, dass Menschen den Umgang mit extremen Lautstärken aus ihrem Alltag auch nicht gewohnt sind. Abgesehen davon, dass unsere Sinnesorgane auf bestimmte optimale Reizstärken kalibriert sind, fehlt Personen auch die Erfahrung und damit die Übung für Reize in Extrembereichen. Um vom Beispiel der Sinnesreize abzukommen, die durch die Schmerzschwelle auch eine natürliche Begrenzung erleben, soll an dieser Stelle auch der Umgang mit Zahlen bzw. Mengen angeführt werden. Diese werden nicht mehr direkt über die Sinne wahrgenommen, sondern bedürfen einer Interpretation. Auch bei Zahlen ist es so, dass es einen typischen Zahlenbereich gibt, der einem im Alltag häufig begegnet. Er ist bestimmt durch typische Masse, Preise oder Mengenangaben. Ausserhalb dieses Bereiches fällt Personen eine Differenzierung schwieriger. So kann man leichter 5 von 7 unterscheiden als 12 345 und 12 347. Diesen „psychophysischen“ Effekt kann man auf eine verzerrte Repräsentation zurückführen (vgl. Kapitel 6.2.1). Oder aber, und das schliesst die erste Erklärung nicht aus, fehlt den meisten Menschen

die erste Erklärung nicht aus, fehlt den meisten Menschen auch die Erfahrung im Umgang mit extremen Zahlenwerten. Die in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Ergebnisse von Siegler und Opfer (2003) zur Entwicklung der Zahlenrepräsentation unterstützen den Ansatz, dass mangelnde Erfahrung im Umgang mit grossen Zahlen zu einer nicht-linearen Repräsentation von Zahlenwerten führen kann. In ihrem Experiment wiesen jüngere Kinder eher noch eine logarithmische Repräsentation der Zahlen zwischen 0 und 1000 auf, welche bei Kindern ab der sechsten Klasse durch eine lineare Repräsentation ersetzt wurde. Dabei ist anzunehmen, dass ältere Kinder Alters mehr Erfahrungen im Umgang mit Zahlen bis 1000 haben.

Bezogen auf die Zeitrepräsentation könnte man nun annehmen, dass jüngere Menschen im Gegensatz zu Älteren weniger Umgang mit entfernten Zeitspannen haben, weswegen auch die Differenzierbarkeit entfernter Zeitspannen Jüngeren schlechter gelingen sollte als Älteren. Die postulierte generelle Unterschätzung bzw. schlechtere Diskriminierbarkeit entfernter Zeitdauern durch alle Altersgruppen könnte ähnlich erklärt werden. So muss man sich auch im Alltag eher zeitlich nähere Zeitintervalle vorstellen und diese diskriminieren, als z.B. Zeitspannen von mehreren Jahrzehnten. Prüfen liesse sich diese Hypothese, indem man beispielsweise die Zukunftsrepräsentation von Personen mit durchschnittlichem Planungshorizont und von Experten, die an langfristigen wirtschaftlichen und ökonomischen Planungsprojekten beteiligt sind, vergleicht.

Wie lässt sich das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation weiter untermauern? Zum einen gibt es empirische Befunde aus verschiedenen Bereichen, die durch dieses Modell besser erklärt werden können. Zum anderen gibt es auch theoretische Ansätze, wie die bereits erwähnte Construal Level Theory (Lieberman & Trope, 1998), die mit diesem Modell vereinbar sind.

Zunächst soll das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft auf die Resultate der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente 1 bis 3 angewendet werden. Als erstes soll der Bereich der Riskantheitsbeurteilung und Entscheidung bei Investitionen mit unterschiedlichem Anlagehorizont aus der Perspektive der nicht-linearen Zukunftsrepräsentation betrachtet werden. Ursprünglich zeigte sich am Aktienmarkt die Tendenz, riskanter zu investieren, wenn der Anlagehorizont lang war. Die wirtschaftliche Rechtfertigung dafür war unter anderem, dass ein langer Horizont im Sinne einer *Time Diversification*, also der Verteilung des Risikos über die Zeit, das Risiko vermindere und sich Gewinn- und Verlustperioden über die Zeit ausglich. Diese Annahme ist aber nur dann gültig, wenn man dem Aktienmarkt systematische

Bewegungen zugrunde legt und unterstellt, dass Aktienkurse nur um ihren relativ stabilen Mittelwert schwanken (vgl. Kapitel 2.2.2). Die psychologische Erklärung für risikotolerantes Verhalten bei langem Anlagehorizont ist, dass Risikotoleranz zunimmt, je länger der Zeitraum bis zum Ergebnisfeedback ist (Jaggia & Thosar, 2000). Eine konkretere Erklärung für diesen Mechanismus wird nicht geliefert. Legt man nun eine nicht-lineare Repräsentation der Zukunft zugrunde, nimmt man also an, dass eine Zeitdauer kürzer repräsentiert wird, je weiter sie in der Zukunft liegt, wird die gesteigerte Risikotoleranz verständlich. Denn man kann schliessen, dass ein Ereignis, z.B. ein Verlust, das eine feste Auftretenswahrscheinlichkeit hat, in einem kürzeren Zeitraum seltener eintritt als in einem längeren Zeitraum. Wird nun die Zukunft mit zunehmender Dauer relativ kürzer repräsentiert, können Personen den Eindruck gewinnen, dass die Auftretenshäufigkeit von unerwünschten Ereignissen ebenfalls relativ gesehen abnimmt und sich somit das Risiko verringert. Der Unterschied zur ursprünglichen Erklärung der gesteigerten Risikotoleranz ist, dass mit diesem Modell nicht angenommen wird, dass Personen glauben, das Risiko, also die Auftretenswahrscheinlichkeit von Verlusten nähme ab, sondern auf Grund ihrer Zukunftsrepräsentation den Eindruck gewinnen, die Auftretenshäufigkeit von Verlusten wächst langsamer als die Anlagedauer. Allerdings hat sich bei den Kindern in Experiment 1 keine verminderte Riskantheitsbeurteilung aufgrund der Verzögerung gezeigt, sondern eher das Gegenteil. Das heisst, Ereignisse, deren Erfolgsfeedback verzögert wurde, wurden von den Kindern als riskanter beurteilt als Ereignisse mit unmittelbarem Feedback. Das spricht allerdings noch nicht gegen das Modell der nicht-linearen Zukunftsrepräsentation. Deutlich ist: Kinder verbinden, im Vergleich zu erwachsenen Anlegern, eine Zeitverzögerung mit Unsicherheit und damit mit einem höheren Risiko. Daraus lässt sich allerdings nur die Richtung des Zeiteinflusses ableiten, nicht jedoch die Form desselben. So macht es durchaus Sinn, dass Kinder eine Verzögerung mit mehr Risiko assoziierten. Diesen Zusammenhang haben bereits Prelec und Loewenstein (1991) betont. Entsprechend würden die Kinder Zeitverzögerungen als riskanter einschätzen. Allerdings würde die Riskantheitsbeurteilung nach dem hier vorgestellten Modell für längere Zeiten nicht proportional mit der Verzögerung zunehmen, sondern man würde für längere Zeiten eine langsamere Zunahme des Riskantheitsurteils erwarten, weil entferntere Zeiten auch kürzer repräsentiert sind. Diese Annahme müsste man allerdings empirisch überprüfen, indem man die Verzögerungszeit bis zum Feedback über den Erfolg einer Entscheidung systematisch variiert

und dann schaut, ob sich das Riskantheitsurteil von Kindern mit zunehmender Verzögerung tatsächlich nicht-linear entwickelt.

Welchen Einfluss kann die nicht-lineare Zukunftsrepräsentation auf die Abwertung von verzögerten Ereignissen haben? Zum einen folgt die Discount-Funktion einer nicht-linearen Form, wie zahlreiche Studien nachgewiesen haben (vgl. Kapitel 2.2.3). Das heisst, je länger die Verzögerungszeit ist, desto flacher wird die Discount-Funktion, die Abwertungsrate wird geringer. Man könnte nun annehmen, dass es einen direkten Zusammenhang gibt zwischen der Repräsentation der Zukunft und der Operation der Abwertung, die auf dieser Zukunftsdimension vollzogen wird. Die nicht-lineare Discount-Funktion kann einerseits dadurch zustande kommen, dass die Abwertungsrate tatsächlich mit zunehmender Zeit abnimmt - die Zeit jedoch in linearer Form repräsentiert ist. Oder aber man legt eine nicht-lineare Zeitrepräsentation zugrunde, bei der spätere Zeitintervalle kürzer repräsentiert sind. Dann könnte die Abwertungsrate konstant bleiben und die nicht-lineare Abwertung resultiert lediglich daraus, dass die kürzer repräsentierten Intervalle auch eine geringere Abwertung zur Folge haben. Wenn also ein Wert beispielsweise eine konstante Abwertungsrate von 0.9 pro Tag hat, wäre die Abwertungsrate für einen weiteren Tag zwar ebenfalls 0.9, da aber der spätere Tag kürzer als 24 Stunden repräsentiert wäre, würde eine geringere Abwertung erfolgen.

In der Beurteilung verzögerter Geldwerte durch die Erwachsenen zeigte sich keine hyperbolische Abwertung, sondern vielmehr eine konstante Abwertungsrate. Dabei ist anzunehmen, dass der Verzögerungszeitraum zu kurz war. Entsprechend des Modells der nicht-linearen Zeitrepräsentation zeigt sich bei den Erwachsenen für kurze Zeiten ein eher linearer Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Zeit, der sich entsprechend in einer eher linearen Abwertung äussert. Dass sich für Kinder immerhin eine Tendenz zur hyperbolischen Abwertung der Geldwerte zeigte, kann ebenfalls mit den Annahmen des Modells erklärt werden. So ist es, wie bereits erwähnt, möglich, dass jüngere Personen bereits kürzere Zeiten länger repräsentieren als ältere Personen. Diese längere Repräsentation führt zum einen zu einer stärkeren Abwertung und zum anderen zu einer als nicht-linear erkennbaren Repräsentation schon bei kürzeren Zeiten.

Eine weitere Annahme des Modells der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft, dass diese subjektive Repräsentation nicht allen Urteils- und Entscheidungssituationen zugrunde gelegt wird (s.u.). So gibt es durchaus Situationen, in denen die konventionelle lineare Zeitrepräsentation salienter ist. Diese Situationen sollten sich durch

geringe Komplexität auszeichnen. Man kann nun zum einen annehmen, dass eine kurze Verzögerungszeit keine hohen kognitiven Ansprüche an die beurteilenden Personen stellt und sie daher die konventionelle Zeitrepräsentation nutzen können. Zum anderen ist es, wie bereits erwähnt, wahrscheinlich, dass die nicht-lineare Zeitrepräsentation erst bei längeren Zeitdauern offensichtlich wird (vgl. Abbildung 30). Bei kurzen Zeitdauern könnte sie noch einer linearen Funktion ähneln.

Schliesslich soll das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft auf die Ergebnisse des dritten Experimentes angewendet werden. Wie bereits andere Studien nachgewiesen haben, erwies sich die Vorhersage exponentiellen Wachstums durch Kinder wie Erwachsene als schwierig, indem es stark unterschätzt wurde (Timmers & Wagenaar, 1977; Wagenaar & Sagaria, 1975; Wagenaar & Timmers, 1979). Diese Befunde wurden durch Experiment 3 erweitert, in dem sich ein deutlicher Alterstrend zeigte. So war die Unterschätzung am grössten in der Gruppe der Erstklässler und nahm bis zur siebten Klasse ab. Eine Ausnahme bildeten die Erwachsenen, die das Wachstum sogar leicht überschätzten. Dieser Befund lässt sich allerdings einerseits auf die Leichtigkeit der Aufgabe zurückführen, bei der die zu schätzende exponentielle Wachstumsmenge nach sieben Tagen bei überschaubaren 64 Pflanzen lag. Zum anderen schien einigen Erwachsenen die Tendenz zur Unterschätzung bekannt zu sein, weswegen sie vielleicht auch mit einer bewussten Überschätzung gegensteuerten. Wie aber kommt es zu der, für Kinder, und bei längeren Wachstumsdauern auch für Erwachsene, typischen Unterschätzung exponentiellen Wachstums? Zum einen kann man mangelnde mathematische Fähigkeiten anführen. Wenn man aber davon ausgeht, was auch Confrey und Kollegen (Confrey, 1994; Confrey & Smith, 1994, 1995; Harel & Confrey, 1994; Steffe, 1994) postulieren, dass dem exponentiellen Wachstum wiederholte Multiplikation bzw. wiederholtes Splitting zugrunde liegen, sollte die mathematische Operation an sich zumindest für Erwachsene kein grosses Problem darstellen. Ausserdem wurde die Fähigkeit oft mittels Schätz- und Extrapolationsaufgaben untersucht, die noch weniger das Rechnen benötigen, sondern eher intuitives Wissen erheben. Ein anderer Ansatz ist die Annahme eines dominanten, sogenannten Linearitätsprinzips (Confrey & Smith, 1995; Suarez, 1977), das dazu führt, dass den Schätzungen exponentieller Verläufe eher ein lineares Wachstum zugrunde gelegt wird. Doch auch dieser Erklärungsansatz ist nicht befriedigend, weil sich in den Schätzungen durchaus ein nicht-linearer Verlauf zeigt, der nur nicht ausgeprägt genug ist. Auch die Verbesserung der Schätzungen im Laufe der Entwicklung lassen sich mit dem Linearitätsprinzip nicht gut erklären. Was

könnte also sonst zur Unterschätzung beitragen? Nimmt man eine nicht-lineare Repräsentation der Zukunft an, erhält man einen weiteren Erklärungsansatz für die systematischen Unterschätzungen von exponentiellem Wachstum. In diesem Falle führen die Personen zwar die korrekten Operationen der wiederholten Multiplikation aus. So müsste eine exponentiell wachsende Menge pro Zeiteinheit mit einem bestimmten Faktor multipliziert werden. Aufgrund der nicht-linearen subjektiven Zukunftsrepräsentation kommt es aber zu einer scheinbaren Verkürzung der Zeiteinheiten. Dass heisst, mit grösserer zeitlicher Entfernung bedarf es mehr objektiven Zeiteinheiten, um eine subjektive Zeiteinheit herzustellen oder umgekehrt werden mehrere objektive Zeiteinheiten benötigt, um eine subjektive Zeiteinheit zu schaffen. Dadurch vermindert sich das Produkt aus Zeiteinheit und Wachstumsfaktor, da die Operation auf Basis der subjektiven Zeiteinheiten durchgeführt wird, und es kommt zur typischen Unterschätzung des exponentiellen Wachstums. Auch wenn nicht gerechnet, sondern nur geschätzt wird, könnte die nicht-lineare Zeitrepräsentation den gleichen Einfluss auf die Schätzungen haben. Daraus kann man ableiten, dass die Unterschätzung nicht-linear, also entsprechend der Form der Zukunftsrepräsentation, zunimmt, je längere Wachstumszeiten geschätzt werden müssen. Das altersabhängige Ausmass der Unterschätzung könnte wiederum mit einer altersabhängigen Steigung der nicht-linearen Zukunftsrepräsentation erklärt werden.

Es konnte also gezeigt werden, dass das Modell der nicht-linearen Zukunftsrepräsentation zur Erklärung verschiedener Phänomene, die aufgrund des Einflusses von Zeit zustande kommen, geeignet ist. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass die nicht-lineare Zeitrepräsentation nicht allen Entscheidungen zugrunde gelegt wird. Vielmehr ist anzunehmen, dass sie, wie Heuristiken, vor allem dann zum Tragen kommt, wenn Entscheidungen schnell und ohne grossen kognitiven Aufwand getroffen werden müssen bzw. wenn die Entscheidungssituationen komplex sind. Wollen oder können Personen viele kognitive Kapazitäten nutzen, dann werden sie ihren Entscheidungen konventionelle Zeitstrukturen zugrundelegen und auf deren Basis Werte, Wahrscheinlichkeiten, Kosten und Nutzen von Ereignissen berechnen. Bei intuitiven Entscheidungen hingegen, wie für Schätzungen beispielsweise von Risiken oder Mengen, die nicht bis zum Ende durchkalkuliert werden, oder auch bei langen Zeiträumen sollte eher die interne Zeitrepräsentation benutzt werden. Dies würde auch erklären, warum die Schätzungen von linearem Mengenwachstum nicht durch die nicht-lineare Zeitrepräsentation beeinflusst wurden, die Schätzungen des exponentiellen Wachstums aber



schon. Denn bei der Schätzung des linearen Wachstums handelt es sich um einfache kognitive Prozesse, wohingegen die Schätzung von exponentiellem Wachstum komplexere Operationen erfordert und mehr Kapazitäten benötigt. Hier könnte die Zugrundelegung der subjektiven Zeitrepräsentation gedächtnisentlastend wirken. Zusätzlich ist anzunehmen, dass die subjektive Zeitrepräsentation, ähnlich den Heuristiken, nicht bewusst eingesetzt wird.

### **6.3 Zusammenfassung und Ausblick**

Die vorliegende Arbeit begann damit, aufzuzeigen, dass die menschliche Rationalität begrenzt ist und Menschen daher immer wieder zu, im Sinne der Nutzenmaximierung, suboptimalen Urteilen und Entscheidungen kommen. Exemplarisch wurde die Zeit als eine mögliche Quelle der Irrationalität herausgegriffen und ihr Einfluss auf Urteile und Entscheidungen in drei Bereichen untersucht. Bereits bestehende Befunde konnten dabei experimentell bestätigt und erweitert werden, besonders auch, was den entwicklungspsychologischen Aspekt betrifft. So konnte in Experiment 1 gezeigt werden, dass Kinder bei finanziellen Fragen im Gegensatz zu Erwachsenen nicht risikotoleranter werden, wenn sie erst verzögert ein Feedback über den Erfolg ihrer Entscheidung bekommen. Vielmehr scheint es eine Tendenz zu geben, dass die Verzögerung als riskanter angesehen wird, was dazu führte, dass Kinder in den Situationen mit verzögertem Feedback weniger Geld investierten. In Experiment 2 wurde bestätigt, dass eine Verzögerung zur subjektiven Abwertung finanzieller Ereignisse führte. Interessant war hierbei die unterschiedliche Bewertung zweier Ereignisbereiche in Abhängigkeit des Alters. Während Erwachsene den verzögerten Erhalt bzw. Verlust von Geld und Hilfe über eine siebentägige Verzögerung etwa ähnlich abwerteten, ergab sich bei den Kindern eine deutlich stärkere Abwertung der verzögerten Geldwerte als bei den Erwachsenen. Verzögerte Hilfewerte hingegen blieben im Urteil der Kinder über eine siebentägige Verzögerung stabil. Diese Befunde sprechen für eine unterschiedliche Stellung von Geld und Hilfe bei Kindern und Erwachsenen. Ein weiteres Resultat war, dass es keinen Einfluss auf die Bewertung hatte, ob ein Ereignis als Ganzes oder zu gleichen Teilen verteilt über die Zeit verzögert wurde. In Experiment 3 schliesslich konnte die Unterschätzung exponentiellen Mengenwachstums repliziert werden. Zudem ergab sich, dass Kinder spätestens ab der dritten Klasse ein Konzept der Exponentialität besitzen, das parallel zum Linearitätskonzept besteht. Das heisst, bereits in diesem Alter können sie mittels ihrer Mengenschätzungen zwischen linearem und exponentiellen Wachstum unterscheiden.

den. Ergebnisse der Individualanalyse ergaben, dass sogar 25% der Erstklässler über diese Fähigkeit verfügen.

Während es unterschiedliche Erklärungen für die einzelnen beschriebenen Befunde geben kann, die in den jeweiligen Kapiteln ausgeführt sind, wurde schliesslich ein Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft entwickelt, das die Resultate übergreifend zu erklären versucht. Dabei wird davon ausgegangen, dass nicht nur die Zeit an sich, sondern auch die Form ihrer Repräsentation zu verzerrten Urteilen und irrationalen Entscheidungen führen kann.

Im folgenden soll ein kurzer Ausblick anzeigen, welche Fragen im Anschluss an diese Arbeit noch offen geblieben sind und weiterer Abklärung bedürfen. Dass die durchgeführten Experimente den wissenschaftlichen Kenntnisstand über die jeweiligen Phänomene nur erweitern können, aber mindestens ebenso viele Möglichkeiten der Fortsetzung der Forschung anbieten, wurde in den entsprechenden Kapiteln diskutiert. Daher soll an dieser Stelle besonders die Notwendigkeit der weiterführenden Forschung zum Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation der Zukunft besprochen werden.

So müsste das Modell der nicht-linearen Zeitrepräsentation zunächst empirisch überprüft werden. Einerseits muss untersucht werden, inwieweit eine solche Repräsentation tatsächlich vorliegt. Andererseits müssen die Bedingungen geklärt werden, unter welchen die nicht-lineare Zukunftsrepräsentation für Urteile und Entscheidungen benutzt wird (s.o.). Dies hätte jedoch den Rahmen dieser Arbeit überschritten. Bedeutsam bei der Untersuchung wäre, dass methodische Probleme bei der Erhebung subjektiver Zeitrepräsentation durch ein gutes Versuchsdesign ausgeräumt werden. Das heisst vor allem, dass die Salienz objektiver Zeiteinheiten verringert werden muss, so dass man die implizite Zeitvorstellung erheben kann. Beispielsweise müsste die abhängige Variable, also die subjektive Zeitrepräsentation, ohne die Verwendung von üblichen Zeiteinheiten erfasst werden. Ein erster Ansatz ist der *Line Test* von Cottle (1976). Dabei wurde den Probanden eine Strecke von 15 cm vorgegeben, auf der sie einzeichnen sollten, wie weit für sie verschiedene Zeitintervalle vom augenblicklichen Zeitpunkt entfernt sind. Hierbei besteht allerdings das Problem, dass die Probanden versuchen könnten, die Linie in „objektive Zeiteinheiten“ zu unterteilen und damit sehr nah an eine kalendarische Repräsentation kommen. Eine Möglichkeit, das kalendarische Wissen auszuschliessen, wäre, Kinder zu untersuchen, die noch nicht über dieses Wissen verfügen. Dies hat unter anderem Friedman, allerdings mit einer leicht anderen Fragestellung,

getan. Die Kinder müssten sich dann tatsächlich aufgrund fehlenden Wissens auf ihre Intuitionen verlassen. Eine weitere Möglichkeit der Untersuchung der subjektiven Zukunftsrepräsentation wäre, Personen Töne produzieren zu lassen, deren Länge einem bestimmten Intervall in der Zukunft entsprechen soll. Dies hätte im Vergleich zum Line Test den Vorteil, dass die Produktion für die Probanden nicht sichtbar und damit auch schlechter kalkulierbar wäre. Zum anderen wäre die mögliche Reproduktionszeit quasi unbegrenzt. Da man sich für die Relationen jeder einzelnen Person interessiert, wären die absoluten Werte ohnehin nicht von Bedeutung. Die Unbegrenztheit könnte z.B. Deckeneffekte vermindern. Oder aber, man könnte im Sinne der Future Time Perspective (Lennings, 1991; Lennings & Burns, 1998; Lennings et al., 1998; Lens et al., 2002) Personen zukünftige Handlungsziele beschreiben lassen, die zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Zeitintervallen der Zukunft angesiedelt sein sollen. Man könnte dann vergleichen, ob beispielsweise die Menge der Handlungsziele mit zunehmender zeitlicher Entfernung disproportional weniger wird. Nicht zuletzt sollte man bezüglich des Modells der nicht-linearen Zukunftsperspektive auch die Entwicklungsperspektive einbeziehen, was es notwendig macht, ein Paradigma zu finden, welches für Probanden aller Altersgruppen nutzbar ist. In diesem Zusammenhang wäre es interessant, die Annahmen der Construal Level Theory von Liberman und Trope (1998) mit denen des Modells des nicht-linearen Zeithorizonts zu verbinden und sie gemeinsam zu überprüfen. Beispielsweise könnte man die postulierte Altersabhängigkeit der Form der subjektiven Zeitrepräsentation überprüfen, indem man erhebt, wie detailliert Personen unterschiedlichen Alters zeitlich unterschiedlich entfernte Ereignisse repräsentieren. Würde die subjektive Zeitrepräsentation der Kinder tatsächlich bei der unmittelbaren Zukunft länger sein als die der Erwachsenen, würde man bei Ersteren auch abstraktere, weniger detaillierte Ereignisbeschreibungen schon für die nähere Zukunft erwarten.

Nicht zuletzt könnte man versuchen, das Modell, insofern es einige Hinweise auf seine Gültigkeit gäbe, auf andere Bereiche ausserhalb der Risiko- und Entscheidungsforschung bzw. der intuitiven Mathematik anzuwenden, um zu sehen, inwiefern es vielleicht auch zur Erklärung weiterer psychologischer Phänomene eingesetzt werden kann.

## 7 Literatur

- Abdellaoui, M., Vossman, F., & Weber, M. (2002). *An experimental analysis of decision weights in Cumulative Prospect Theory under uncertainty*. Retrieved January 5, 2004, from Universität Mannheim, Sonderforschungsbereich 504 Web site: <http://www.sfb504.uni-mannheim.de/wp/abstract.php3?id=339>
- Ahlbrecht, M. (1996). *Entscheidungen unter Berücksichtigung des Zeitbezuges der Konsequenzen*. Frankfurt / M.: Peter Lang.
- Ahlbrecht, M., & Weber, M. (1997). An empirical study on intertemporal decision making under risk. *Management Science*, 43, 813-826.
- Ainslie, G., & Haslam, M. (1992). Hyperbolic discounting. In G. Loewenstein & J. Elster (Eds.), *Choice over time* (pp. 57-92). New York: Sage.
- Alexander, S. (1961). Price movements in speculative markets: Trends or random walks. *Industrial Management Review*, 2, 7-26.
- Anderson, B. F., & Settle, J. W. (1996). The influence of portfolio characteristics and investment period on investment choice. *Journal of Economic Psychology*, 17, 343-358.
- Anderson, N. H. (1990). A cognitive theory of judgment and decision making. In N. H. Anderson (Ed.), *Information integration theory* (pp. 105-142). Hillsdale: Erlbaum.
- Anderson, J. R., Awazu, S., & Fujita, K. (2000). Can squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) learn self-control? A study using food array selection tests and reverse-reward contingency. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 26, 87-97.
- Arkes, H. R., & Blumer, C. (1985). The psychology of sunk cost. *Organizational behavior and human decision processes*, 35, 124-140.
- Armstrong, F. (2002). *Investment strategies for the 21st century: Setting your goals*. Retrieved November 27, 2002, from: [http://investopedia.com/articles/investment\\_strategies/chapter11.asp](http://investopedia.com/articles/investment_strategies/chapter11.asp)
- Aschoff, J. (1985). On the perception of time during prolonged temporal isolation. *Human Neurobiology*, 4, 41-52.
- Aschoff, J. (1992). Estimates on the duration of sleep and wakefulness made in isolation. *Chronobiology International*, 9, 1-10.
- Aschoff, J. (1993). On the passage of subjective time in temporal isolation. *Psychologica Belgica*, 33, 147-157.
- Aschoff, J. (1998). Circadian parameters as individual characteristics. *Journal of Biological Rhythms*, 13, 123-131.
- Aschoff, J., von Goetz, C., Wildgruber, C., & Wever, R. A. (1986). Meal timing in humans during isolation without time cues. *Journal of Biological Rhythms*, 1, 151-162.
- Banks, W. P., & Coleman, M. J. (1981). Two subjective scales of number. *Perception and Psychophysics*, 29, 95-105.
- Baron, J., Granato, L., Spranca, M., & Teubal, E. (1993). Decision-making biases in children and early adolescents: Exploratory studies. *Merrill-Palmer Quarterly*, 39, 22-46.
- Baz, J., Briys, E., Bronnenberg, B. J., Kast, R., Viala, P., Wathieu, L. et al. (1999). Risk perception in the short run and in the long run. *Marketing Letters*, 10, 267-283.
- Becker, G. S., & Mulligan, C. B. (1997). The endogenous determination of time preference. *Quarterly Journal of Economics*, 112, 729-758.

- Benartzi, S., & Thaler, R. H. (1999). Risk aversion or myopia? Choices in repeated gambles and retirement investments. *Management Science*, 45, 364-381.
- Bergius, R. (1998). Kognitive Dissonanz. In H. Häcker & K. H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch: Psychologisches Wörterbuch* (S. 441). Bern: Huber.
- Berti, A. E., & Bombi, A. S. (1981). The development of the concept of money and its value: A longitudinal study. *Child Development*, 52, 1179-1182.
- Berti, A. E., Bombi, A. S., & de Beni, R. (1986). Acquiring economic notions: Profit. *International Journal of Behavioral Development*, 9, 15-29.
- Berti, A. E., Bombi, A. S., & Lis, A. (1982). The child's conceptions about means of production and their owners. *European Journal of Social Psychology*, 12, 221-239.
- Block, R. A. (1990). Models of psychological time. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 1-35). Hillsdale: Erlbaum.
- Block, R. A. (1992). Prospective and retrospective duration judgment: The role of information processing and memory. In F. Macar (Ed.), *Time, action and cognition: Towards bridging the gap* (pp. 141-152). New York: Kluwer.
- Bodie, Z. (1995). On the risk of stocks in the long run. *Financial Analysts Journal*, 51, 18-22.
- Borges, B., Goldstein, D. G., Ortmann, A., & Gigerenzer, G. (1999). Can ignorance beat the stock market? In G. Gigerenzer & P. Todd (Eds.), *Simple heuristics that make us smart. Evolution and cognition* (pp. 59-72). London: University Press.
- Boyer, T. W., & Byrnes, J. P. (2003, April). *Opportunity, propensity, and adolescent risk-taking*. Paper presented at the SRCD, Tampa, FL.
- Case, R., Marini, Z., McKeough, A., Dennis, S., & Goldberg, J. (1986). Horizontal structure in middle childhood: The acquisition of dimensional operations. In I. Levin (Ed.), *State and structure: Reopening the debate* (pp. 1-39). Norwood: Ablex.
- Chapman, G., & Elstein, A. S. (1995). Valuing the future: Temporal discounting of health and money. *Medical Decision Making*, 15, 373-386.
- Claar, A. (1990). *Die Entwicklung ökonomischer Begriffe im Jugendalter*. Berlin: Springer.
- Claar, A. (1995). Understanding the economic framework: Children's and adolescents' conceptions of economic inequality. In T. A. K. J. Valsiner (Ed.), *Development of person-context relations*. Hillsdale: Erlbaum.
- Claar, A. (1996). *Was kostet die Welt? Wie Kinder lernen, mit Geld umzugehen*. Berlin: Springer.
- Confrey, J. (1994). Splitting, similarity, and rate of change: A new approach to multiplication and exponential functions. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in learning of mathematics* (pp. 291-330). Albany: State University of New York Press.
- Confrey, J., & Smith, E. (1994). Exponential functions, rates of change, and the multiplicative unit. In P. Cobb (Ed.), *Learning mathematics: Constructivist and interactionist theories of mathematical development* (pp. 31-60). Dordrecht: Kluwer.
- Confrey, J., & Smith, E. (1995). Splitting, covariation, and their role in the development of exponential functions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26, 66-86.
- Connolly, T., & Zeelenberg, M. (2002). Regret in decision making. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 212-216.
- Cottle, T. J. (1976). A linear conception of time: The lines test. In T. J. Cottle (Ed.), *Perceiving time: A psychological investigation with men and women* (pp. 102-130). New York: Wiley.

- Crystal, J. D. (2001). Nonlinear time perception. *Behavioural Processes*, 55, 35-49.
- Curtis, D. W. (1970). Magnitude estimations and category judgments of brightness and brightness intervals: A two-stage interpretation. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 201-208.
- Dehaene, S. (2003). The neural basis of the Weber-Fechner law: A logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 145-147.
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (1993). Development of elementary numerical abilities: A neuronal model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 390-407.
- DiFonzo, N., & Bordia, P. (1996). Rumor and prediction: Making sense (but losing dollars) in the stock market. *Organizational behavior and human decision processes*, 71, 329-353.
- Dreyfus, T., Artigue, M., Eisenberg, T., Tall, D., & Wheeler, D. (1993). Advanced mathematical thinking. In P. Nesher & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics and cognition* (pp. 113-134). Cambridge: Cambridge University Press.
- Droit-Volet, S., Clement, A., & Fayol, M. (2003). Time and number discrimination in a bisection task with a sequence of stimuli: A developmental approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 63-76.
- Droit-Volet, S. (2003). Alerting attention and time perception in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85, 372-384.
- Dugdale, S. (1993). Functions and graphs - Perspectives on student thinking. In T. A. Romberg, E. Fennema & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions* (pp. 101-130). Hillsdale: Erlbaum.
- Edwards, W., & Newman, J. R. (2000). Multiattributive Evaluation. In T. Conolly, H. R. Arkes & K. R. Hammond (Eds.), *Judgment and decision making* (pp. 13-34). Cambridge: Cambridge University Press.
- Eisler, A. D., & Eisler, H. (1994). Subjective time scaling: Influence of age, gender, and Type A and Type B behavior. *Chronobiologia*, 21, 185-200.
- Eisler, H. (1976). Experiments on subjective duration 1868-1975: A collection of power function exponents. *Psychological Bulletin*, 83, 1154-1171.
- Eisler, H. (1996). Time perception from a psychophysicist's perspective. In H. Helfrich (Ed.), *Time and Mind* (pp. 65-84). Seattle: Hogrefe.
- Eisler, H., & Eisler, A. D. (1991). A mathematical model for time perception with experimentally obtained subjective time scales for humans and rats. *Chronobiologia*, 18, 79-88.
- Ellsberg, D. (1988). Risk, ambiguity, and the Savage axioms. In P. Gaerdenfors & N.-E. Sahlin (Eds.), *Decision, probability, and utility: Selected readings* (pp. 245-269). New York: Cambridge University Press.
- Erdfelder, E., & Brandt, M. (2003). *Applied analysis of variance and linear modeling*. Unpublished manuscript.
- Faber, R. J. (2004). Self-control and compulsive buying. In T. Kasser (Ed.), *Psychology and consumer culture: The struggle for a good life in a materialistic world* (pp. 169-187). Washington: American Psychological Association.
- Fama, E. (1965). The behaviour of stock prices. *Journal of Business*, 38, 34-105.
- Fama, E., & French, K. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of Political Economy*, 96, 246-273.
- Fennema, H., & Wakker, P. (1997). Original and cumulative prospect theory: A discussion of empirical differences. *Journal of Behavioral Decision Making*, 10, 53-64.
- Ferguson, R. P., & Martin, P. (1983). Long-term temporal estimation in humans. *Perception and Psychophysics*, 33, 585-592.

- Fernberger, S. W. (1917). Psychophysical measurement methods. *Psychological Bulletin*, 14, 170-176.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford: Stanford University Press.
- Fischhoff, B. (1974). Hindsight =/ Foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 288-299.
- Fischhoff, B. (1977). Perceived informativeness of facts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 349-358.
- Fraisse, P. (1961). Influence de la duree et de la frequence des changements sur l'estimation du temps. / Influence of duration and frequency of changes in time estimation. *Annee Psychologique*, 61, 325-339.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, 35, 1-36.
- Fraisse, P. (1985). *Psychologie der Zeit*. München: Reinhardt.
- Frederick, S., Loewenstein, G., & O'Donoghue, T. (2003). Time discounting and time preference: A critical review. In G. Loewenstein (Ed.), *Time and decision: Economic and psychological perspectives on intertemporal choice* (pp. 13-86). New York: Sage.
- Frey, B. S., & Benz, M. (2001). *Ökonomie und Psychologie: eine Übersicht* (Working Paper No. 92). Zurich: University of Zurich, Institute for Empirical Research in Economics.
- Frey, B. S., & Benz, M. (2002). *From imperialism to inspiration: A survey of economics and psychology* (Working Paper Series). Zurich: University of Zurich, Institute for Empirical Research in Economics.
- Friedman, W. J. (1977). The development of children's understanding of cyclic aspects of time. *Child Development*, 48, 1593-1599.
- Friedman, W. J. (1989). The representation of temporal structure in children, adolescents and adults. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Time and human cognition: A life-span perspective* (pp. 259-304). North-Holland: Elsevier.
- Friedman, W. J. (1990). *About time: Inventing the fourth dimension*. Cambridge: The MIT Press.
- Friedman, W. J. (1991). The development of children's memory for the time of past events. *Child Development*, 62, 139-155.
- Friedman, W. J. (1996). Distance and location processes in memory for the times of past events. In D. L. Medin (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 1-41). San Diego: Academic Press.
- Friedman, W. J. (1998). The effects of elapsed time and retrieval on young children's judgments of the temporal distances of past events. *Cognitive Development*, 13, 335-367.
- Friedman, W. J. (2000). The development of children's knowledge of the times of future events. *Child Development*, 71, 913-932.
- Friedman, W. J., Gardner, A. G., & Zubin, N. R. E. (1995). Children's comparisons of the recency of two events from the past year. *Child Development*, 66, 970-983.
- Friedman, W. J., & Huttenlocher, J. (1997). Memory for the time of "60 Minutes" stories and news events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 560-569.
- Friedman, W. J., & Kemp, S. (1998). The effects of elapsed time and retrieval on young children's judgments of the temporal distances of past events. *Cognitive Development*, 13, 335-367.

- Frydman, O., & Bryant, P. (1988). Sharing and the understanding of number equivalence by young children. *Cognitive Development*, 3, 323-339.
- Frydman, O., & Bryant, P. (1994). Children's understanding of multiplicative relationships in the construction of quantitative equivalence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 58, 489-509.
- Furnham, A. (1987). The determinants and structure of adolescents' beliefs about the economy. *Journal of Adolescence*, 10, 353-371.
- Furnham, A. (1999). The saving and spending habits of young people. *Journal of Economic Psychology*, 20, 677-697.
- Galanter, E. (1962). The direct measurement of utility and subjective probability. *American Journal of Psychology*, 75, 208-220.
- Galanter, E. (1990). Utility functions for non-monetary events. *American Journal of Psychology*, 103, 449-470.
- Gallant, R., Fidler, T., & Dawson, K. A. (1991). Subjective time estimation and age. *Perceptual and Motor Skills*, 72, 1275-1280.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1986). *The child's understanding of number*. Cambridge: Harvard University Press.
- Gigerenzer, G. (2001). The adaptive toolbox. In G. Gigerenzer & R. Selten (Eds.), *Bounded rationality: The adaptive toolbox*. Cambridge: MIT Press.
- Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650-669.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M., & The ABC Research Group (1999). *Simple heuristics that make us smart*. London: Oxford University Press.
- Gilovich, T., Kerr, M., & Medvec, V. H. (1993). Effect of temporal perspective on subjective confidence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64, 552-560.
- Green, L., Fry, A. F., & Myerson, J. (1994). Discounting if delayed rewards: A life-span comparison. *Psychological Science*, 5, 33-36.
- Green, L., Myerson, J., & Ostraszewski, P. (1999). Discounting of delayed rewards across the life span: Age differences in individual discounting functions. *Behavioural Processes*, 46, 89-96.
- Greer, B. (1994). Extending the meaning of multiplication and division. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 61-85). New York: State University of New York Press.
- Gullone, E., Moore, S., Moss, S., & Boyd, C. (2000). The Adolescent Risk-Taking Questionnaire: Development and psychometric evaluation. *Journal of Adolescent Research*, 15, 231-250.
- Gyomlay, K. (2002). Psychologie und Börse. *Women and Finance*, 24, 2-8. Retrieved June 12, 2002, from <http://www.vontobel.com/items/article/WF24.pdf>
- Häcker, H., & Stapf, K.-H. (Eds.). (1998). *Dorsch: Psychologisches Wörterbuch*. Bern: Huber.
- Halford, G. S. (1982). *The development of thought*. Hillsdale: Erlbaum.
- Harel, G., & Confrey, J. (Eds.). (1994). *The development of multiplicative reasoning*. Albany: State University of New York Press.
- Hendricks, J. (2001). It's about time. In S. H. McFadden (Ed.), *Aging and the meaning of time: A multidisciplinary exploration* (pp. 21-50). New York: Springer.
- Hintzman, D. L., & Block, R. A. (1971). Repetition and memory: Evidence for a multiple-trace hypothesis. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 297-306.
- Hogan, H. W. (1978). A theoretical reconciliation of competing views of time perception. *American Journal of Psychology*, 91, 417-428.



- Jaggia, S., & Thosar, S. (2000). Risk aversion and the investment horizon: A new perspective on the time diversification debate. *The Journal of Psychology and Financial Markets*, 1, 211-215.
- Jansen, B. R. J., & van der Maas, H. L. J. (2002). The development of children's rule use on the balance scale task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81, 383-416.
- Jones, G. V. (1979). A generalized polynomial model for perception of exponential series. *Perception and Psychophysics*, 25, 232-234.
- Kahneman, D., & Snell, J. S. (1992). Predicting a changing taste: Do people know what they will like? *Journal of Behavior Decision Making*, 5, 187-200.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1972). Subjective probability: A judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, 3, 430-454.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1984). Choices, values and frames. *American Psychologist*, 39, 341-350.
- Keren, G. (1983). Cultural differences in the misperception of exponential growth. *Perception and Psychophysics*, 34, 289-293.
- Keren, G., & Wagenaar, W. A. (1987). Violation of utility theory in unique and repeated gambles. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 387-391.
- Klos, A., Langer, T., & Weber, M. (2003). Über kurz oder lang - Welche Rolle spielt der Anlagehorizont bei der Beurteilung von Investments? *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 73, 733-765.
- Kok, G. (1983). The further away, the less serious: Effect of temporal distance on perceived value and probability of a future event. *Psychological Reports*, 52, 531-535.
- Langer, E. J. (1975). The illusion of control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 311-328.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60, 1-64.
- Leiser, D. (1983). Children's conceptions of economics - The constitution of a cognitive domain. *Journal of Economic Psychology*, 4, 297-317.
- Lennings, C. J. (1991). The Schalling Sensation Seeking and Impulsivity scales: Their relationship to time perspective and time awareness: A preliminary report. *Psychological Reports*, 69, 131-136.
- Lennings, C. J., & Burns, A. M. (1998). Time perspective: Temporal extension, time estimation, and impulsivity. *Journal of Psychology*, 132, 367-380.
- Lennings, C. J., Burns, A. M., & Cooney, G. (1998). Profiles of time perspective and personality: Developmental considerations. *Journal of Psychology*, 132, 629-641.
- Lens, W., Simons, J., & Dewitte, S. (2002). From duty to desire: The role of students' future time perspective and instrumentality perceptions for study motivation and self-regulation. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Academic motivation of adolescents* (pp. 221-245). Greenwich: Information Age Publishing.
- Levin, I., & Wilkening, F. (1989). Measuring time via counting: The development of children's conceptions of time as a quantifiable dimension. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Time and human cognition: A life-span perspective* (pp. 119-144). Oxford: North-Holland.

- Levin, I., Wilkening, F., & Dembo, Y. (1984). Development of time quantification: Integration and nonintegration of beginnings and endings in comparing durations. *Child Development*, 55, 2160-2172.
- Levine, R. (1998). *Eine Landkarte der Zeit: Wie Kulturen mit Zeit umgehen*. München: Piper.
- Liberman, N., Sagistano, M. D., & Trope, Y. (2002). The effect of temporal distance on level of mental construal. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38, 523-534.
- Liberman, N., & Trope, Y. (1998). The role of feasibility and desirability considerations in near and distant future decisions: A test of temporal construal theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 5-18.
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, 14, 396-401.
- Loewenstein, G. (1987). Anticipation and the valuation of delayed consumption. *The Economic Journal*, 97, 666-684.
- Loewenstein, G., & Prelec, D. (1992). Anomalies in intertemporal choice: Evidence and an interpretation. In G. Loewenstein & J. Elster (Eds.), *Choice over time* (pp. 119-145). New York: Sage.
- Loewenstein, G., & Schkade, D. (1999). Wouldn't it be nice? Predicting future feelings. In D. Kahneman, E. Diener & N. Schwarz (Eds.), *Well being: The foundation of hedonic psychology* (pp. 85-105). New York: Sage.
- Loewenstein, G., & Sicherman, N. (1991). Do workers prefer increasing wage profiles? *Journal of Labor Economics*, 9, 67-84.
- Loewenstein, G., & Thaler, R. H. (1989). Anomalies: Intertemporal choice. *Journal of Economic Perspectives*, 3, 181-193.
- Loewenstein, G., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127, 267-286.
- Lord, C. G., Ross, L., & Lepper, M. R. (1979). Biased assimilation an attitude polarization: The effects of price theories on subsequently considered evidence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 2098-2109.
- Macar, F. (1988). Temporal regulation in children of 3 to 5 years old. *Cahiers de Psychologie Cognitive / Current Psychology of Cognition*, 8, 39-51.
- Mackinnon, A. J., & Wearing, A. J. (1991). Feedback and the forecasting of exponential change. *Acta Psychologica*, 76, 177-191.
- Markovits, Z., Eylon, B.-S., & Bruckheimer, M. (1986). Functions today and yesterday. *For the Learning of Mathematics*, 6, 18-24.
- McCormack, T., Brown, G. D. A., Maylor, E. A., Darby, R. J., & Green, D. (1999). Developmental changes in time estimation: Comparing childhood and old age. *Developmental Psychology*, 35, 1143-1155.
- Medin, D. L. (2000). *Cognitive Psychology*. Retrieved February 17, 2004, from Northwestern University, Department of Psychology Web site: <http://www.psych.nwu.edu/psych/people/faculty/medin/book>
- Merriam-Webster Online Dictionary (2004). Retrieved January 14, 2004, from <http://www.merriam-webster.com>
- Metcalf, J., & Mischel, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: Dynamics of willpower. *Psychological Review*, 106, 3-19.
- Michon, J. A. (1990). Implicit and explicit representations of time. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 37-58). Hillsdale: Erlbaum.
- Michon, J. A. (1992). Introduction: Representing time. In F. Macar, V. Pouthas & W. J. Friedman (Eds.), *Time, Action and Cognition* (pp. 303-309). Dordrecht: Kluwer.

- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. L. (1992). Delay of gratification in children. In G. Loewenstein & J. Elster (Eds.), *Choice over time* (pp. 147-164). New York: Russell Sage.
- Montangero, J. (1992). The development of a diachronic perspective in children. In F. Macar (Ed.), *Time, action and cognition: Towards bridging the gap* (pp. 55-65). New York: Kluwer.
- Moore, D. A., Kurtzberg, T. R., Fox, C. R., & Bazerman, M. H. (1999). Positive illusions and forecasting errors in mutual fund investment decisions. *Organizational behavior and human decision processes*, 79, 95-114.
- Moschkovich, J., Schoenfeld, A. H., & Arcavi, A. (1993). Aspects of understanding: On multiple perspectives and representations of linear relations and connections among them. In T. A. Romberg, E. Fennema & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions* (pp. 69-100). Hillsdale: Erlbaum.
- Mowen, J. C., & Brewer, H. L. (1984). Managing an individual investment portfolio: Charting stock prices is intriguing but useless. *Journal of Financial Planning*, 105-112.
- Mullet, E., & Cheminat, Y. (1995). Estimation of exponential expressions by high school students. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 415-456.
- Muraven, M., & Slessareva, E. (2003). Mechanism of self-control failure: Motivation and limited resources. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 29, 894-906.
- Nieder, A., & Miller, E. K. (2003). Coding of cognitive magnitude: Compressed scaling of numerical information in the primate prefrontal cortex. *Neuron*, 37, 149-157.
- Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Oxford: Blackwell.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics*. New York: Cambridge University Press.
- Oerter, R., & Montada, L. (Hrsg.). (1995). *Entwicklungspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Ornstein, R. E. (1969). On the experience of duration. *Dissertation Abstracts International*, 29, 4407-4408.
- Piaget, J. (1955). The development of time concepts in the child. In P. Hoch & J. Zubin (Eds.), *Psychopathology of childhood* (pp. 33-44). Oxford: Grune & Stratton.
- Piaget, J. (1965). *The child's conception of number*. London: Routledge & Kegan.
- Piaget, J. (1969). *The child's conception of time*. New York: Basic Books.
- Piaget, J., Feller, Y., & McNear, E. (1958). Essay on the perception of speeds by children and adults. *Archives de Psychologie*, 36, 253-327.
- Piaget, J., Grize, J.-B., Szeminska, A., & Bang, V. (1968/1977). *Epistemology and psychology of functions*. Dordrecht: Reidel.
- Poterba, J. M., & Summers, L. H. (1988). Mean reversion in stock prices: Evidence and implications. *Journal of Financial Economy*, 22, 27-59.
- Pouthas, V., & Jacquet, A. Y. (1987). A developmental study of timing behavior in 4- and 7-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 43, 282-299.
- Poynter, D. (1989). Judging the duration of time intervals: A process of remembering segments of experience. In I. Levin (Ed.), *Time and human cognition: A life-span perspective* (pp. 305-331). Oxford: North-Holland.
- Prelec, D., & Loewenstein, G. (1991). Decision making over time and under uncertainty: A common approach. *Management Science*, 37, 770-786.
- Prinz, W. (1992). Wahrnehmung. In H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie* (S. 25-114). Bern: Huber.

- Rachlin, H. (2003). Rational thought and rational behavior: A review of bounded rationality: The adaptive toolbox. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 79, 409-412.
- Rachlin, H., Brown, J., & Cross, D. (2000). Discounting in judgments of delay and probability. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, 145-159.
- Rachlin, H., Logue, A. W., Gibbon, J., & Frankel, M. (1986). Cognition and behavior in studies of choice. *Psychological Review*, 93, 33-45.
- Raineri, A., & Rachlin, H. (1993). The effect of temporal constraints on the value of money and other commodities. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6, 77-94.
- Raynor, J. O., & Entin, E. E. (1983). The function of future orientation as a determinant of human behavior in step-path theory of action. *International Journal of Psychology*, 18, 463-487.
- Read, D. (2003). Time and the market place. *Working Paper Series, LSEOR 03.55*, 3-26.
- Read, D., & Loewenstein, G. (2000). Time and decision: Introduction to the special issue. *Journal of Behavior Decision Making*, 13, 141-144.
- Read, D., & Roelofsma, P. H. M. P. (2003). Subadditive versus hyperbolic discounting: A comparison of choice and matching. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 91, 140-153.
- Resnick, L. B. (1987). The development of mathematical intuition. In M. Perlmutter (Ed.), *Minnesota symposium on child psychology* (Bd. 19, pp. 159-194). Hillsdale: Erlbaum.
- Rheinberg, F. (1995). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Roelofsma, P. H. M. P. (2001). Methodological and theoretical contributions to the study of time preference. *Marie Curie Fellowship Association Annals*, 1, 1-6.
- Roelofsma, P. H. M. P., & Keren, G. (1995). Framing and time-inconsistent preferences. In J. P. Caverni, M. Bar-Hillel, F. H. Barron & H. Jungermann (Eds.), *Contributions to decision making* (pp. 351-362). North-Holland: Elsevier.
- Roitblat, H. L., & Young, K. N. J. (1990). Time and order: A comparative perspective. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 119-152). Hillsdale: Erlbaum.
- Rose, D. N., & Weeks, M. G. (1988). Individuals' discounting of future monetary gains and health states. *Medical Decision Making*, 8, 334.
- Rubinstein, A. (2003). "Economics and psychology"? The case of hyperbolic discounting. *International Economic Review*, 44, 1207.
- Rule, S. J. (1971). Discriminability scales of number for multiple and fractional estimates. *Acta Psychologica*, 35, 328-333.
- Sagristano, M. D., Trope, Y., & Liberman, N. (2002). Time-dependent gambling: Odds now, money later. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 364-376.
- Samuelson, P. (1937). A note on measurement of utility. *Review of Economic Studies*, 4, 155-161.
- Samuelson, P. (1963). Risk and uncertainty: A fallacy of large numbers. *Scientia*, 57, 1-6.
- Samuelson, P. (1969). Lifetime portfolio selection by dynamic stochastic programming. *Review of Economics and Statistics*, 51, 239-246.
- Schlottmann, A. (2001). Children's probability intuitions: Understanding the expected value of complex gambles. *Child Development*, 72, 103-122.
- Schlottmann, A., & Anderson, N. H. (1994). Children's judgments of expected value. *Developmental Psychology*, 30, 56-66.

- Schoenfelder, T. E., & Hantula, D. A. (2003). A job with a future? Delay discounting, magnitude effects, and domain independence of utility for career decisions. *Journal of Vocational Behavior*, 62, 43-55.
- Schooley, D. K., & Worden, D. D. (1999). Investors asset allocation versus life-cycle funds. *Financial Analysts Journal*, 55, 104-116.
- Seymour, P. H. (1980). Internal representation of the months: An experimental analysis of spatial forms. *Psychological Research*, 42, 255-273.
- Shefrin, H. M. (2001). Editorial Commentary: Do investors expect higher returns from safer stocks than from riskier stocks? *The Journal of Psychology and Financial Markets*, 2, 176-181.
- Shefrin, H. M., & Statman, M. (1986). How not to make money in the stock market. *Psychology Today*, 20, 52-57.
- Shelley, M. K. (1993). Outcome signs, question frames and discount rates. *Management Science*, 39, 806-815.
- Shelley, M. K., & Omer, T. C. (1996). Intertemporal framing issues in management compensation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 66, 42-58.
- Siebenmorgen, N., & Weber, M. (2000). *The influence of different investment horizons on risk behavior* (Forschungsbericht No. 00-48). Mannheim: Universität Mannheim.
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243.
- Silverman, J. L. (1997). The development in children of future time perspective. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*, 57, 4752.
- Simon, H. A. (1981). *The sciences of the artificial* (2nd edition). Cambridge: MIT Press.
- Simonson, I. (1990). The effect of purchase quantity and timing on variety-seeking behavior. *Journal of Marketing Research*, 27, 150-162.
- Slovic, P. (2000). What does it mean to know a cumulative risk? Adolescents' perceptions of short-term and long-term consequences of smoking. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13, 259-266.
- Steffe, L. P. (1994). Children's multiplying schemes. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 3-39). Albany: State University of New York Press.
- Stevens, S. S. (1975). *Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. New York: Wiley.
- Stevenson, M. K. (1992). The impact of temporal context and risk on the judged value of future outcomes. *Organizational behavior and human decision processes*, 52, 455-491.
- Strickland, L. H., Lewicki, R. J., & Katz, A. M. (1966). Temporal orientation and perceived control as determinants of risk-taking. *Journal of Experimental Social Psychology*, 2, 143-151.
- Suarez, A. (1977). Die quadratische Funktion. In A. Suarez (Ed.), *Formales Denken und Funktionsbegriff bei Jugendlichen* (S. 93-121). Bern: Huber.
- Thaler, R. H. (1980). Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1, 39-60.
- Thomas, E. A., & Brown, I. (1974). Time perception and the filled-duration illusion. *Perception and Psychophysics*, 16, 449-458.
- Timmers, H., & Wagenaar, W. A. (1977). Inverse statistics and misperception of exponential growth. *Perception & Psychophysics*, 21, 558-562.

- Tirosh, D., & Graeber, A. O. (1994). Implicit and explicit knowledge: The case of multiplication and division. In D. Tirosh (Ed.), *Implicit and explicit knowledge: An educational approach* (pp. 111-130). Westport: Ablex.
- Todd, P., & Gigerenzer, G. (2003). Bounding rationality to the world. *Journal of Economic Psychology*, 24, 143-165.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2000). Temporal construal and time-dependent changes in preference. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, 876-889.
- Trosborg, A. (1982). Children's comprehension of "before" and "after" reinvestigated. *Journal of Child Language*, 9, 381-402.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1971). Belief in the law of small numbers. *Psychological Bulletin*, 76, 105-110.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297-232.
- Unser, M. (2000). Lower partial moments as measures of perceived risk: An experimental study. *Journal of Economic Psychology*, 21, 253-280.
- Vandierendonck, A., & De Vooght, G. (1998). Mental models and working memory in temporal and spatial reasoning. In V. De Keyser (Ed.), *Time and the dynamic control of behavior* (pp. 383-402). Kirkland: Hogrefe & Huber.
- von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Vroom, V. H., & Pahl, B. (1971). Relationship between age and risk taking among managers. *Journal of Applied Psychology*, 55, 399-405.
- Wagenaar, W. A. (1975). Stevens vs. Fechner: A plea for dismissal of the case. *Acta Psychologica*, 39, 225-235.
- Wagenaar, W. A., & Sagaria, S. D. (1975). Misperception of exponential growth. *Perception & Psychophysics*, 18, 416-422.
- Wagenaar, W. A., & Timmers, H. (1979). The pond-and-duckweed problem: Three experiments on the misperception of exponential growth. *Acta Psychologica*, 43, 239-251.
- Wall Street Journal – Interactive Edition (1998). *The Wall Street Journal Dartboard Contest*. Retrieved January 7, 2004, from <http://update.wsj.com/public/current/summaries/dart.htm>
- Wilkening, F. (1981). Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 13, 231-247.
- Wilkening, F., & Anderson, N. H. (1982). Comparison of two rule-assessment methodologies for studying cognitive development and knowledge structure. *Psychological Bulletin*, 92, 215-237.
- Wilkening, F., & Huber, S. (2002). Children's intuitive physics. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 349-370). Malden: Blackwell.
- Wilkening, F., Levin, I., & Druyan, S. (1987). Children's counting strategies for time quantification and integration. *Developmental Psychology*, 23, 823-831.
- Wilson, J. Q., & Herrnstein, R. J. (1985). *Crime and human nature*. New York: Simon and Schuster.
- Wordsmyth Dictionary (2002). Retrieved December 2, 2003, from <http://www.wordsmyth.net>
- Wu, G. (1999). Anxiety and decision making with delayed resolution of uncertainty. *Theory and Decision*, 46, 159-198.

- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74, B1-B11.
- Zakay, D. (1990). The evasive art of subjective time measurement: Some methodological dilemmas. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 59-84). Hillsdale: Erlbaum.
- Zakay, D. (1993). The roles of non-temporal information processing load and temporal expectations in children's prospective time estimation. *Acta Psychologica*, 84, 271-280.
- Zaleski, Z., Cycon, A., & Kurc, A. (2001). Future time perspective and subjective well-being in adolescent samples. In P. Schmuck (Ed.), *Life goals and well-being: Towards a positive psychology of human striving* (pp. 58-67). Kirkland: Hogrefe & Huber.
- Zeelenberg, M., & van Dijk, E. (1997). A reverse sunk cost effect in risky decision making: Sometimes we have too much invested to gamble. *Journal of Economic Psychology*, 18, 677-691.
- Zuckerman, M., Eysenck, S. B., & Eysenck, H. J. (1978). Sensation seeking in England and America: Cross-cultural, age, and sex comparisons. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 139-149.

# Anhang

<b>Anhang 1:</b>	Instruktionen und Fragebögen des Geldleih-Paradigmas (Experiment 1) .....	180
<b>Anhang 2:</b>	Instruktion und Fragebögen des Glücksrad-Paradigmas (Experiment 1) .....	187
<b>Anhang 3:</b>	Instruktion und Fragebögen zum Discounting (Experiment 2) .....	190
<b>Anhang 4:</b>	Material zur Untersuchung des Exponentialitätskonzeptes (Experiment 3) .....	194



## **Instruktionen und Fragebögen des Geldleih-Paradigmas (Experiment 1)**

Im folgenden sind die Instruktionen sowie die Fragebögen der drei Situationen (Schatz, Eis, Casino) des Geldleih-Paradigmas aus Experiment 1 aufgeführt. In eckigen Klammern stehen die verschiedenen Varianten. In diesem Experiment wurde das Risiko der Unternehmung und die Dauer bis zum Ergebnisfeedback manipuliert. Die Reihenfolgen für das Riskantheitsurteil und die Investitionshöhe waren randomisiert.

Bitte trage ein!

dein Geburtsdatum :

--	--	--

Tag

Monat

Jahr

dein Geschlecht:

--

w / m



Im folgenden siehst Du kurze Geschichten über eine Gruppe Schatzgräber. Stell Dir vor, sie kommen zu Dir und bitten Dich, dass Du ihnen für die Ausrüstung für ihre geplante Goldsuche Geld leihst. Was sie finden, würden sie mit Dir teilen.

Achtung, die Geschichten sehen sehr ähnlich aus, aber es gibt Unterschiede! Achte darauf, **wann sie suchen** wollen und **wie sicher es an dem Ort**, an dem sie suchen wollen, **Gold gibt**.

**Deine Aufgabe ist es, jeweils einzuschätzen, ob Du denkst, dass Du Dein geliehenes Geld zurückbekommst oder ob Du noch etwas dazugewinnst, und wieviel Du ihnen leihen würdest.**

Lies den Text genau durch, mache in jedem Kästchen nur ein Kreuz und vergiss kein Kästchen!

*Beispiel:*

*Wenn Du denkst, dass Du vielleicht noch Geld gewinnen wirst, dann kreuze es so an:*

Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
verliere sicher	verliere	verliere wahr- scheinlich	verliere vielleicht	weder noch	gewinne vielleicht	gewinne wahr- scheinlich	gewinne	gewinne sicher

*Wenn Du ihnen für ihre Ausrüstung z.B. 30 Franken leihen würdest, dann kreuzt Du so an:*

Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100Fr.

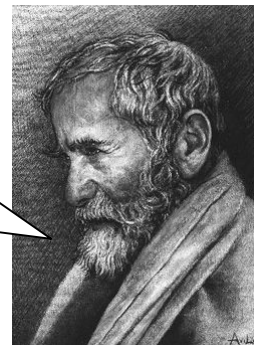
Wenn Du jetzt keine Fragen mehr hast, kannst Du anfangen!



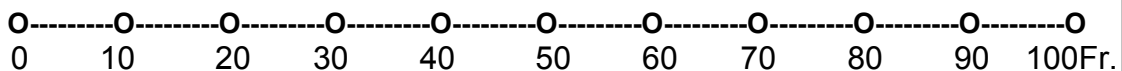
Stell Dir vor, eines Tages kommt eine Gruppe von Schatzgräbern zu Dir. Sie sagen, sie kennen einen geheimen Ort, an dem sie Gold suchen wollen. **Ein alter weiser Mann hätte ihnen gesagt, dass es dort sicher ein bisschen Gold gibt [dass man dort vielleicht viel Gold finden kann, vielleicht aber auch gar nichts].**

Aber die Schatzgräber brauchen noch Geld für die Ausrüstung, für Schaufeln, Siebe und Maschinen. Sie bitten Dich, ihnen Geld zu leihen. **Sie wollen sofort mit der Suche beginnen [sie wollen erst in einem Jahr mit der Suche beginnen]** und einen Monat lang suchen. Was sie finden, werden sie nach einem Monat **[einem Jahr]** mit Dir teilen. Wenn sie nichts finden, ist Dein Geld weg.

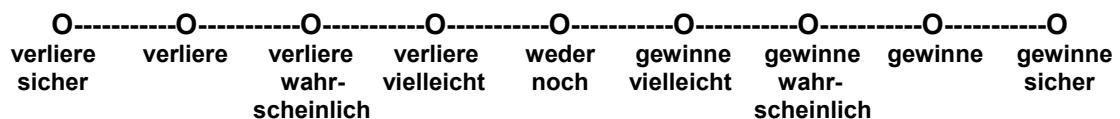
Bekommst sofort  
[in einem Jahr]  
die Hälfte, wenn wir  
Gold finden!



Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?



Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?



Bitte trage ein!

dein Geburtsdatum :

--	--	--

Tag      Monat      Jahr

dein Geschlecht:

--

w / m



Im folgenden siehst Du kurze Geschichten über einen Jungen. Er möchte gerne in den Ferien Eis verkaufen. Er braucht dafür aber Geld, um vorher noch die Dinge zu kaufen, die man für einen Eisstand benötigt. Er bittet Dich, ihm Geld dafür zu leihen. Den Gewinn aus seinen Verkäufen will er mit Dir teilen. Achtung, die Geschichten sehen sehr ähnlich aus, aber es gibt Unterschiede! Achte darauf, **wann er Eis verkaufen möchte** (am Anfang oder am Ende der Sommerferien) und **wie sicher er an dem Ort Eis verkaufen kann**.

**Deine Aufgabe ist es, jeweils einzuschätzen, ob Du denkst, dass Du Dein geliehenes Geld verlierst oder ob Du noch Gewinn machst, und wieviel Du ihm leihen würdest.**

Lies den Text genau durch, mache in jedem Kästchen nur ein Kreuz und vergiss kein Kästchen!

*Beispiel:*

*Wenn Du denkst, dass Du vielleicht noch Geld gewinnen wirst, dann kreuze es so an:*

Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
verliere sicher	verliere	verliere wahr- scheinlich	verliere vielleicht	weder noch	gewinne vielleicht	gewinne wahr- scheinlich	gewinne	gewinne sicher

*Wenn Du ihnen für ihre Ausrüstung z.B. 30 Franken leihen würdest, dann kreuzt Du so an:*

Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100Fr.

Wenn Du jetzt keine Fragen mehr hast, kannst Du anfangen!



Stell Dir vor:

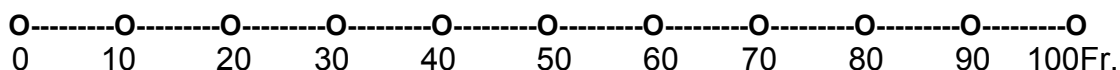
Ein Junge kommt zu Dir und sagt, er hat eine Idee, wie man Geld verdienen kann. Er möchte einen Eisstand eröffnen. Er bittet Dich, ihm Geld zu leihen für die Dinge, die er am Anfang braucht (Kühltasche, Eislöffel, Becher usw.). Den Gewinn aus den Verkäufen will er mit Dir teilen.

Den Eisstand will er **zu Beginn dieser Sommerferien eine Woche lang [in der letzten Woche dieser Sommerferien]** in einem **kleinen Kino [Freibad]** aufbauen. **Unabhängig vom Wetter wird er sicher soviel verkaufen, dass er Dir Dein geliehenes Geld zurückzahlen kann und vielleicht noch ein kleines bisschen mehr. [Wenn das Wetter gut ist, kann er sehr viel verkaufen, regnet es, dann verkauft er nichts und kann Dir auch Dein Geld nicht zurückgeben.]**

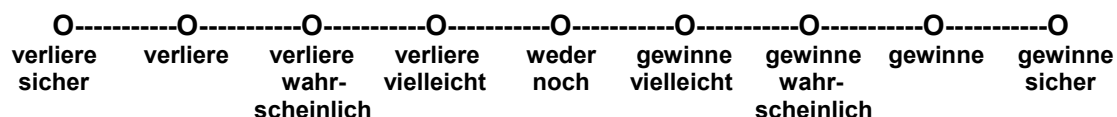
Wenn er etwas Gewinn macht, gibt er Dir nach der ersten Ferienwoche die Hälfte.



Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?



Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?



Bitte trage ein!

dein Geburtsdatum :

--	--	--

Tag

Monat

Jahr

dein Geschlecht:

--

w / m



Im folgenden siehst Du kurze Geschichten über eine Frau. Sie sagt Dir, sie weiss, wie man im Spielcasino Geld gewinnen kann. Sie bietet Dir an, auch für Dich zu spielen, wenn Du ihr Geld gibst. Den Gewinn würde sie Dir geben.

Achtung, die Geschichten sehen sehr ähnlich aus, aber es gibt Unterschiede! Achte darauf, **wann sie spielen** wird und **wie sicher sie Geld gewinnen** wird.

**Deine Aufgabe ist es, jeweils einzuschätzen, ob Du denkst, dass Du Dein geliehenes Geld zurückbekommst oder ob Du noch etwas dazugewinnst, und wieviel Geld Du der Frau für das Spiel leihen würdest.**

Lies den Text genau durch, mache in jedem Kästchen nur ein Kreuz und vergiss kein Kästchen!

*Beispiel:*

*Wenn Du denkst, dass Du vielleicht noch Geld gewinnen wirst, dann kreuze es so an:*

Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
verliere sicher	verliere	verliere wahr- scheinlich	verliere vielleicht	weder noch	gewinne vielleicht	gewinne wahr- scheinlich	gewinne	gewinne sicher

*Wenn Du ihnen für ihre Ausrüstung z.B. 30 Franken leihen würdest, dann kreuzt Du so an:*

Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100Fr.

Wenn Du jetzt keine Fragen mehr hast, kannst Du anfangen!

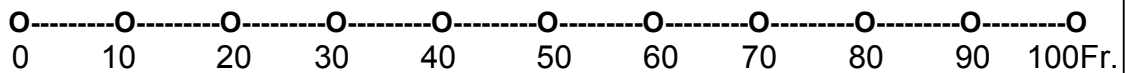


Was ich morgen gewinne,  
bekommst Du sofort  
[in vier Wochen]!

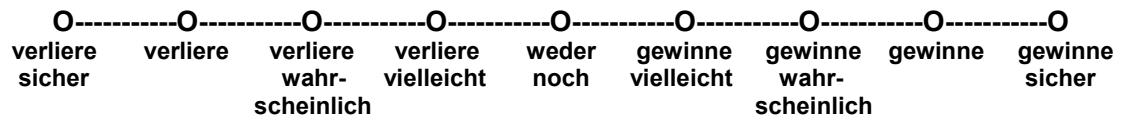
Stell Dir vor:

Eine junge Frau kommt zu Dir. Sie kennt eine Strategie, mit der man im Spielkasino **ziemlich sicher kleine Mengen Geld** gewinnen kann [mit **etwas Glück sehr viel Geld** gewinnen kann. **Vielleicht verliert man aber auch alles**] Sie bietet Dir an, **morgen [in vier Wochen]** für Dich 5 Runden mitzuspielen, wenn Du ihr Geld gibst. **Was sie dabei mit Deinem Geld gewinnt, würde sie Dir gleich morgen nach dem Spiel geben. [Was sie dabei mit Deinem Geld gewinnt, würde sie Dir nach den vier Wochen geben.]**

Stell Dir vor, Du hättest 100 Fr. zur Verfügung. Wieviel Geld würdest Du ihnen leihen?



Was, denkst Du, passiert mit Deinem Geld?



## **Instruktionen und Fragebögen des Glücksrad-Paradigmas (Experiment 1)**

Im folgenden sind die Instruktion sowie der Fragebogen des Glücksrad-Paradigmas aus Experiment 1 aufgeführt. In eckigen Klammern stehen die verschiedenen Varianten. Hierbei wurden das Risiko über die potentielle Gewinn- und Verlusthöhe und die Dauer bis zum Ergebnisfeedback manipuliert. Die Reihenfolgen für das Riskantheitsurteil und die Investitionshöhe waren randomisiert.



Bitte trage ein!

dein Geburtsdatum :

--	--	--

Tag      Monat      Jahr

dein Geschlecht:

--

w / m



## Das Glücksrad-Spiel

Du kennst bestimmt ein **Glücksrad**. Das ist eine Scheibe mit Gewinn- und Verlustfeldern, die **gedreht** wird. An der Seite gibt es einen **Pfeil**, der genau auf ein Feld zeigt, wenn das Rad stehen bleibt. Zeigt er auf ein **Gewinn-Feld**, kann man **Geld bekommen**. Zeigt er auf ein **Verlust-Feld**, muss man **Geld bezahlen**.

Du sollst Dir jeweils vorstellen, **wieviele Glück Du** in einem solchen Spiel haben würdest **und wie viele Billette Du kaufen würdest**. Mit jedem Billet kannst Du an genau einer Ziehung teilnehmen.

Das kreuzt Du dann jeweils in den beiden Kästchen an. Es gibt dabei **keine falschen Antworten** und wir spielen hier **nicht um echtes Geld!**

**Kreuze immer nur einen Kreis pro Kästchen an und vergiss keines!**

Beispiel:

*Wenn Du z.B. denkst, dass Du vielleicht gewinnst, dann kreuzt Du es so an, wie in dem Beispiel:*

**Wie schätzt Du Dein Glück ein, das Du bei diesem Glücksrad haben würdest?**

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
verliere sicher	verliere	verliere wahr- scheinlich	verliere vielleicht	weder noch	gewinne vielleicht	gewinne wahr- scheinlich	gewinne	gewinne sicher

*Wenn Du denkst, Du würdest gerne an drei Ziehungen teilnehmen und dafür drei Billette kaufen, dann kreuzt Du es so an:*

**Wieviele Billette für das Glücksrad würdest Du kaufen?**

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0Fr.)	(1Fr.)	(2Fr.)	(3Fr.)	(4Fr.)	(5Fr.)	(6Fr.)	(7Fr.)	(8Fr.)	(9Fr.)	(10Fr.)

Pass gut auf: die **Menge**, die Du gewinnen kannst und die Menge, die Du bezahlen musst, wenn Du verlierst, **ändert sich!**

Ausserdem gibt es **zwei Spielarten**: bei der wird **sofort gedreht** und **Du erfährst sofort, wieviel Du gewonnen und verloren** hast. Bei der anderen erfolgen die **Ziehungen erst in einem Monat** und Du erfährst die **Menge der Gewinne und Verluste erst nach einem Monat**.

Jetzt kannst Du anfangen! Wenn Du noch Fragen hast, dann frag ruhig!



**Gewinn ☺:**

(du bekommst...)

**+2 Fr.**

**[-10 Fr.]**

**Verlust ☹:**

(du musst bezahlen..)

**+2 Fr.**

**[-10Fr.]**

Stell Dir vor, Du kannst bei diesem Glücksrad mitmachen!

Ein **Billett kostet 1 Fr.** und **ist für eine Ziehung gültig.**

Du kannst keins, eins, bis zehn Billette kaufen und mit jedem Billett an genau einer Ziehung teilnehmen. Wenn Du z.B. 3 Billette kaufst, nimmst Du an 3 Ziehungen teil und kannst dreimal entweder verlieren oder gewinnen.

Wenn Du **gewinnst**, erhältst Du bei dem Glücksrad **jeweils 2 [10] Franken.**

Wenn Du **verlierst**, musst Du **jeweils 2 [10] Franken** bezahlen.

**Wieviel Du gewonnen oder verloren hast, wird Dir sofort nach den Ziehungen gesagt. [Die Ziehungen werden erst in einem Monat durchgeführt. Wieviel Du gewonnen oder verloren hast, erfährst Du erst nach diesem Monat.]**

**Wie schätzt Du Dein Glück ein, das Du bei diesem Glücksrad haben würdest?**

☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐  
 verliere    verliere    verliere    verliere    weder    gewinne    gewinne    gewinne    gewinne  
 sicher                    wahr-    vielleicht    noch    vielleicht    wahr-    scheinlich    sicher  
                                   scheinlich

**Wieviele Billette für das Glücksrad würdest Du kaufen?**

☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐ ..... ☐  
 0       1       2       3       4       5       6       7       8       9       10  
 (0Fr.) (1Fr.) (2Fr.) (3Fr.) (4Fr.) (5Fr.) (6Fr.) (7Fr.) (8Fr.) (9Fr.) (10Fr.)

## **Instruktion und Fragebögen zum Discounting (Experiment 2)**

Im folgenden sind die Instruktion sowie die Fragebögen zum altersabhängigen Discounting von materiellen und immateriellen Werten aufgrund von Verzögerung aufgeführt. In eckigen Klammern stehen die verschiedenen Varianten. In diesem Experiment wurden die Art der Verzögerung (sofort; morgen; nach sieben Tagen; verteilt über sieben Tage); der Ereignistyp (Geld vs. Hilfe) sowie die Ereignisrichtung (Gewinn vs. Verlust) manipuliert. Bei den Kindern bezog sich die Hilfeleistung auf einen Mitschüler, bei den Erwachsenen auf einen Nachbarn. Der Geldbetrag betrug bei den Kindern insgesamt 42 CHF, bei den Erwachsenen 140 CHF. Der Geldverlust wurde bei den Kindern auf einen Glasbruch beim Ballspiel zurückgeführt, bei den Erwachsenen war der Grund eine Geschwindigkeitsübertretung.

Im Folgenden siehst Du 8 kurze Situationen, in denen es um Gewinne oder Verluste geht. Du sollst Dir jeweils vorstellen, Du würdest etwas gewinnen oder verlieren. Vergiss dabei mal deinen wirklichen Zeitplan.

Anschliessend sollst Du **auf einer Skala ankreuzen, welchen Wert der beschriebene Gewinn oder Verlust für Dich persönlich hat**. Lies alle Situationen gut durch!

Bevor Du beginnst,

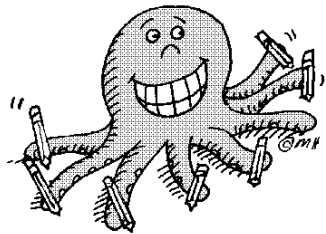
bitte trage noch Dein Geschlecht und Deinen Geburtstag ein!

☐☐

weiblich männlich (bitte ankreuzen!)

--	--	--

Tag Monat Jahr der Geburt  
(bitte eintragen!)



Stell Dir vor, Du gewinnst heute bei einer Verlosung **42 Franken**.  
Den gesamten Gewinn bekommst Du **sofort** ausgezahlt.

[Den gesamten Gewinn bekommst Du **morgen** per Post. /  
Den Gewinn bekommst Du per Post. Die **nächsten 7 Tage** erhältst Du  
**jeden Tag 6 Franken**. /  
Den gesamten Gewinn bekommst Du **nach einer Woche** per Post.]

Wie bewertest Du selber diesen „Gewinn“?

kein  
Gewinn o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o  
sehr  
grosser Gewinn

Stell Dir vor, Du hast heute aus Versehen beim Ballspielen eine Fensterscheibe  
zerbrochen und musst 42 Franken für die Reparatur bezahlen. Du sollst noch  
**heute** die gesamten **42 Franken** bezahlen.

[Du sollst **morgen** die gesamten **42 Franken** bezahlen. /  
Du sollst **die nächsten 7 Tage jeweils 6 Franken** bezahlen. /  
Du sollst die gesamten **42 Franken in einer Woche** bezahlen.]

Wie bewertest Du selber diesen „Verlust“?

kein  
Verlust o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o  
sehr  
grosser Verlust

Stell Dir vor, ein Mitschüler [Nachbar] hat sich bereiterklärt, Dir bei einer Reparatur zu helfen.

Er kommt **heute** zu Dir, und wird Dir **7 Stunden** lang helfen.

[Er kommt **morgen** zu Dir, und wird Dir **7 Stunden** lang helfen. /

Er kommt **die nächsten 7 Tage** zu Dir, und wird Dir jeden Tag

**jeweils 1 Stunde** helfen. /

Er kommt **in einer Woche** zu Dir, und wird Dir dann **7 Stunden** lang helfen.]

Wie bewertest Du selber diesen „Gewinn“?

kein  
Gewinn o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o *sehr*  
grosser Gewinn

Stell Dir vor, Du hast Dich bereiterklärt, einem Mitschüler [Nachbarn] bei einer Reparatur zu helfen. Du sollst ihm **heute 7 Stunden** lang helfen.

[Du sollst ihm **morgen 7 Stunden** lang helfen. /

Du sollst ihm **die nächsten 7 Tage jeweils 1 Stunde** helfen. /

Du sollst ihm **in einer Woche 7 Stunden** lang helfen.]

Wie bewertest Du selber diesen „Verlust“?

kein  
Verlust o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o-----o *sehr*  
grosser Verlust

## Material zur Untersuchung des Exponentialitätskonzeptes (Experiment 3)

Hier sieht man das Material, das zur Untersuchung der Entwicklung des Exponentialitätskonzeptes in Experiment 3 verwendet wurde. Dazu gehört der See (blauer Teller), in den die jeweilige Anzahl der Wasserpflanzen gelegt werden musste, der gelbe Zeitstrahl mit sieben Tagen, die Figur „Paul“ sowie grüne und gelbe Perlen zur Schätzung der Wachstumsmenge bzw. -dauer. Auf den beiden Kärtchen links ist das Vermehrungsschema der beiden Wasserpflanzenarten abgebildet.

